Allgemeine
BAUZEITUNG
mit Abbildungen.

Redigirt und herausgegeben

von

Heinrich & Emil Ritter von Förster,

Architekten.

Ein und dreissigster Jahrgang.

WIEN.

Expedition der allgemeinen Bauzeitung.

1866.

Inhalts-Verzeichniss

der „Allgemeinen Bauzeitung“ vom Jahre 1866.

Titel	Nummer und Seite der beigelegten oder beigedruckten Abbildungen	Seite
XIII. Gesetze, Verordnungen, Dienstorganisationen, Kontrole des Bauwesens, Verträge etc.		
XIV. Literarische Erscheinungen für das gesammte Bauwesen.		
Architektonische Formenlehre, von Baumeister		L. 1
Allgemeine Baukunde des Ingenieurs, von Becker		L. 1—2
Der Schweizer Holzstyl, von Gladbach		L. 2
Die Basilikenform, von Mothes		L. 2
Lehrbuch der Perspektive, von Gennerich		L. 2
System der technisch-malerischen Perspektive, von Tilscher		L. 2
Die Integration zusammengesetzter Funktionen, von Grütefein		L. 3
Elementarbuch der Integral- und Differentialrechnung, von Antenheimer		L. 3
Die Entwässerung des Blocklandes, von Berg		L. 3—4
Ueber Strassenbahnen und Eisenbahnen in Städten, von Bürkli		L. 4
Donauregulirung zwischen Pest und Ofen, von Ritter		L. 4
Etudes d'archéologie et d'histoire, par Fortoul		L. 5-23, 25-32
Die Kathedrale zu Palermo, von Becker und v. Förster		L. 24
Anleitung zum Wasserbau, von Chiollich v. Löwensberg		L. 24
Nobel's Patentsprengöl (Nitroglycerin), von Nobel		L. 33
Zeitschrift für bildende Kunst, von v. Lützow		L. 43
Mittelalterliche Baudenkmale in Kurhessen		L. 43—44
Strassenverbindung des mittelländischen mit dem todten Meere von Damaskus, von Zimpel		L. 44
Karl Matthägs neuestes Lehr-, Modell- und Ornamentenbuch, von Hertel		L. 44
Die neue Eisenbahnschiffbrücke über den Rhein bei Maxau, von Becker		L. 44
XV. Oeffentliche Feste und Ausstellungen.		
XVI. Anzeigen, Bemerkungen etc.		
Bekanntmachung, die Konkurrenzpläne für den Umbau einer protestantischen Kirche in Frankfurt am Main		L. 4
Competenz-Ausschreibung der Stelle eines Professors für Hochbauten der technischen Hochschule am landwirthschaftlichen Joanneum zu Graz		L. 25

Druckfehler.

Seite 27 Spalte 1, Zeile 14 von oben lese man Lasten.
„ 28 „ 1 „ 9 „ „ „ „ Reibungswiderstände.
„ 32 „ 1 von unten „ „ anlegenden statt legenden.
„ 377, Zeile 16 v. unt. lese Hinträger statt Heinträger.
„ 3 „ 2 des Literaturbl., Zl. 3 v. unt. lese man wurden, statt werden soll.

Druck von R. von Waldheim.

Wohnhaus des Herrn Kaufmannes P. M. Esselsgroth in Kiel.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 1 und 2.)

Die guten alten Zeiten sind nicht mehr, hört man bei Besprechung der verschiedenartigsten Gegenstände, und wenn auch oft mit Unrecht, so ist es doch nicht zu leugnen, dass die gute alte Sitte sich Häuser nach Bedürfniss zu bauen, und zwar nur für sich, mehr und mehr verschwindet und in den Städten die Einrichtung der Häuser zu Läden und Miethswohnungen die Hauptaufgabe für Architekten ist; dass bei solchen Wohnungen die Rentabilität obenan steht, jeder Quadratfuss Raum benutzt werden muss, an grössere Vorräume, luftige Hallen etc. nicht zu denken, versteht sich von selbst. Wie viel Zimmer hat das Stockwerk, das ist die Frage, und Löcher werden dann für Zimmer gerechnet, je mehr, je vortheilhafter für den Hauseigenthümer. Vor den 40ger Jahren war es hier im Norden Deutschlands anders und noch findet man eine grosse Reihe Häuser in der Stadt, die nur von einer Familie bewohnt werden; aber alle Häuser, die seit jener Zeit gebaut werden, mit sehr geringen Ausnahmen, haben das Princip der Rentabilität zur Grundlage, möglichst viel Miethe, möglichst viele kleine Räume und dann möglichst billig; gleichzeitig aber elegant. Diese Eleganz wird dann, nachdem das Mauerwerk so schlecht als möglich aufgeführt, mit dem Universalmittel, dem Cement, hergestellt, und will der noch nicht genügen das Aeussere mit Oelfarbe angestrichen. Dass die Unterhaltung dieser übertünchten Leichen viel kostspieliger als ein gut ausgeführter Rohbau, ist nur wenigen der Bauenden begreiflich zu machen und hat man diess durch Zahlen bewiesen, so heisst es, der Putz ist aber doch viel schöner, und nahe am Siege muss man sich fügen oder sich zurückziehen. Dass ich nur selten den Rückzug antreten musste, ist ein Beweis, dass das Auge des Publicums hier noch nicht ganz verdorben ist durch die sogenannte Eleganz der modernen Bauten.

Der Norden Deutschlands ist fast ausschliesslich auf den Backstein angewiesen, der aber mit nur einiger Mühe sich in den verschiedenartigsten Farben und Formen herstellen lässt; dass diess nicht in dem Masse geschieht wie es der Fall sein könnte, ist grösstentheils Schuld der modernen Architekten, die es bequemer finden in allen nur erdenklichen Stylarten zu bauen und sich des Putzes zu bedienen, als sich die Ausbildung des ihnen zu Gebote stehenden Materials angelegen sein zu lassen.

Das hier mitgetheilte kleine Haus ist ein Miethshaus wie die meisten städtischen Privathäuser; es war auch bei diesem die Aufgabe jeden Quadratfuss Raum möglichst auszunutzen; Dank aber der Einsicht des Bauherrn ist die Durchführung keine moderne. Das Mauerwerk ist von gut gebrannten und geformten rothen Backsteinen hergestellt, die Mauerflächen sind durch schwarze Steine belebt, der Fries und die Füllungen unter den Fenstern von grauen Ornamentthonplatten, die Auskragung des Erkers von Sandstein, das Dach mit englischem Schiefer eingedeckt.

G. Martens.

Die neue Krankenanstalt „Rudolf-Stiftung" in Wien.

(Mit Zeichnungen auf **Blatt 3 bis 8.**)

Der Gnade des Monarchen dankt die k. k. Residenz- und Reichs-Hauptstadt Wien, bei Gelegenheit der Geburt des durchlauchtigsten Kronprinzen Erzherzogs Rudolf am 21. August 1858, das erhabene Geschenk einer neuen Krankenanstalt.

Die allerhöchst erlassene Stiftungsurkunde enthält in der folgenden Stelle den hochherzigen Gedanken der allergnädigsten Widmung:

„In der Absicht, das für Mich, Mein Haus und Mein Reich gleich freudenreiche Ereigniss der Geburt eines Kronprinzen durch ein dauerndes Werk der Nächstenliebe zu feiern, habe Ich beschlossen, aus diesem Anlasse zum Besten der armen leidenden Menschheit ein neues Krankenhaus in Meiner kaiserlichen Residenz- und Reichs-Hauptstadt Wien zu stiften und bestimme, dass dasselbe zu Ehren Meines Erstgeborenen Sohnes für immerwährende Zeiten den Namen: „Rudolphs-Stiftung" führen soll."

Laxenburg, den 26. August 1858.

Franz Josef.

Für diesen Zweck geruhte Se. apost. Majestät, von den als Eigenthum des allerhöchsten Hofes in der Vorstadt Landstrasse bestandenen Kaisergarten einen Theil als Baugrund zu schenken, und den nunmehr seit 300 Jahren bestehenden Hofspitalfond zur Ausführung des Baues allergnädigst zu bestimmen.

Mit dem Baue dieser Anstalt wurde Anfangs August 1860 begonnen und Ende October 1864 war derselbe vollendet. Nachdem die innere Einrichtung in ihren Herstellungen bereits im Laufe des Sommers 1864 eingeleitet und bis zum Schlusse desselben Jahres vollständig war, konnte somit diese Humanitätsanstalt ihrer Bestimmung übergeben werden.

Die Bedingungen für diesen Bau waren, die nothwendigen Räumlichkeiten zur Unterbringung von 800 Kranken, sammt den erforderlichen Nebenräumen für den Dienst und die übrigen Bedürfnisse der Krankenpflege zu schaffen.

Nach dem Wortlaute des allerhöchsten Stiftbriefes „für die arme leidende Menschheit" wurde daher auf sogenannte Zahlzimmer zur Pflege bemittelter Kranken keine Rücksicht genommen und nur eine Kathegorie von Krankenräumen beantragt, ferner sollten die Localitäten für Oeconomie sammt den Aufbewahrungsdepots der Vorräthe, die Unterbringung der Administration, die Naturalwohnungen für Beamte, Aerzte und Diener, endlich die Errichtung eines Leichengebäudes mit Secirlocalitäten und Capelle nur für den Zweck der Anstalt, hergestellt werden.

Die Pflege der Kranken soll durch dienstpflichtiges, aufgenommenes Personale, welches in der Anstalt wohnt, versehen werden.

Der Bauplatz bildet die Ecke von der nunmehr eröffneten neuen Boerhave-Strasse und der Rudolfgasse, als Verbindung der Hauptstrasse und Ungargasse in dem Bezirke Landstrasse, welche Begrenzungen der Bauarea sich unter einem spitzen Winkel treffen. Die Grösse des gewidmeten Terrains betrug 9648 Quadratklafter; hievon wurden 105 Quadratklafter zur Verbreiterung der Rudolfgasse an die Gemeinde Wien überlassen, so dass das Territorium der Anstalt sich mit 9543 Quadratklafter beziffert, wovon 3172 Quadratklafter verbaut, die übrigen 6371 Quadratklafter für Höfe und Gartenanlagen disponirt wurden.

Der gewidmete Baugrund war viel tiefer als das Strassenniveau gelegen, es musste daher eine bedeutende Erdanschüttung erfolgen, um das Terrain der Gärten und Höfe der Anstalt in das Normal-Strassen-Niveau zu bringen.

Die leitende Idee für die Hauptgruppirung der ganzen Anlage war, den Vortheilen des modernen Pavillonsystems gerecht zu werden, jedoch den Anforderungen der meteorologischen und localen Verhältnisse, in Bezug auf herrschende Temperatur und Schutz gegen die rauhen Strömungen der Luft, Rechnung zu tragen, welche Rücksichten ein unmittelbares Copiren des neuen Krankenhaus-Systems in Frankreich für Deutschland, insbesondere für Wien, unzulässig erscheinen lassen. Anderseits waren aus Grund sanitairer Rücksichten geschlossene Höfe für die Krankenanstalt selbst gänzlich zu vermeiden. Die Grundrissanlage war demnach das Ergebniss einer Com-

bination verschiedener Systeme, wobei das beschränkte Flächenausmass des Baugrundes berücksichtigt werden musste.

Die Hauptdisposition ist daher der Hufeisenform ähnlich, so dass die offene Seite des Viereckes gegen Sonnenaufgang gerichtet ist, wodurch der zwischen den beiden Längenflügeln gelegene grosse Hof der Morgensonne und den Luftströmungen aus Osten eröffnet wurde, während derselbe durch den entgegengesetzten Mittelbau gegen die Weststürme gedeckt und geschützt ist. An die beiden Längenflügel, welche durch den grossen Hof getrennt sind, schliessen sich einzelne Pavillons an, welche nach drei Seiten frei stehen und dem Zutritte von Luft nnd Licht vollkommen exponirt sind.

Die beigegebenen Grundrisse, insbesondere jener des Erdgeschosses, zeigen die Stellung der beiden Haupt-Längenflügel mit den angeschlossenen Pavillons. Eine Bedingung, dass die Hauptfronte mit dem Eingange zur Krankenanstalt gegen Osten, also gegen die neu eröffnete Boerhave-Strasse gerichtet werden solle, war Grund dieser Orientirung, nach welcher sich die Haupt-Längenachse senkrecht auf diese neue Strasse stellt, die in einem spitzen Winkel in die Rudolfgasse einmündet; daraus ergab sich die unregelmässige Stellung der einzelnen Gebäude und die schiefwinkelige Richtung der rechtseitigen Gebäude gegen die Rudolfgasse.

Die mittlere Längenachse trennt die ganze Anstalt in zwei Haupttheile und zwar in die Abtheilung für Männer und die für Weiber. Um diese beiden Theile, welche durch den grossen Hof getrennt sind, an der Ostseite, der Hauptfronte, zu vereinigen, ist zwischen dieselben ein Mittelbau eingeschaltet, welcher nur bis zur Höhe des ersten Stock-Fussbodens reicht, und als Vorhalle und Vestibule die Vermittlung bildet.

Bestimmung der einzelnen Gebäude.

I. Die eigentliche Krankenanstalt sammt den Bädern.

II. Die Oekonomie und die provisorische Kapelle.

III. Das Administrationsgebäude.

IV. Das Leichenhaus.

V. Depôtgebäude.

I. Die Krankenanstalt.

Allgemeine bauliche Anordnung und Durchführung. — Der Haupteingang ist in der Boerhavegasse, wo man in die Vorhalle tritt, in welcher dem Besucher der Anstalt sich in vier Mauerfeldern, auf 6 Fuss breiten und 8 Fuss hohen Steinplatten gravirt und in die Mauer eingesetzt, die Grundrisse der Gebäude und zwar des ebenerdigen Geschosses, des ersten und zweiten Stockwerkes, als Orientirung für den Weg durch die Anstalt zeigen; auf der vierten Steinplatte ist das Eingangs citirte allerhöchste Handbillet Sr. k. k. apostolischen Majestät des Kaisers betreffs der Stiftung dieser Anstalt gravirt und so der Nachwelt aufbewahrt.

Von der Halle aus gelangt man rechts in die Wohnung des Portiers *A* und gegenüber zu den Localitäten der Aufnahme *B*. Für die Aufnahme der Kranken besteht ein Vorzimmer als Aufenthalt der Diener, mit dem Eingange in das Journalzimmer des Administrationsbeamten, und in das Parteien-Wartezimmer. An letzteres schliesst sich der Raum für die eigentliche Aufnahme, daran ein Zimmer des Journal-Arztes, ein Gemach für geheime Untersuchungen und eines für Wiederbelebungsversuche.

Das Aufnahmszimmer ist durch einen Auslaufhahn mit fliessendem Wasser von der Wasserleitung des Hauses versehen. Ein in Verbindung mit diesem Raume stehender Aufzug dient dazu, einerseits um im Falle bereits Gestorbene an die Anstalt überbracht werden, die Leichen in das Souterrain nach dem Leichenhause zu schaffen, anderseits um sehr schwache Kranke nach den obern Geschossen zu bringen.

Die aufgenommenen Kranken machen diesen Weg nicht mehr zurück, sondern gelangen durch eine zweite Thür aus dem Parteien-Wartezimmer unmittelbar zu den Stiegen der Krankenanstalt. Gegenüber der Aufnahmszimmer, anstossend an die Portierswohnung, befindet sich ein Depôt *C* zur Aufbewahrung von Tragbahren und Sesseln für den Dienst des Krankentransportes.

Die Räume für die Pflege der Kranken sind in den Haupt-Längenflügeln, und den an dieselben angeschlossenen Pavillons untergebracht und so orientirt, dass die Fenster der Krankenzimmer und Säle gegen Ost oder Süd gerichtet sind, während an der Nord- und Westseite der Gebäude die Verbindungsgänge laufen, wodurch die Krankenräume

gegen die Nord- und Weststürme geschützt sind. Der grosse Hof zwischen den beiden Haupt-Längenflügeln, der zur Breite 180 Fuss, zur Länge 330 Fuss hat, so wie die Plätze an der linken und rechten Seite dieser Haupt-Längenflügel, welche den grossen Hof begrenzen, sind als Gärten angelegt und zur Benützung der Reconvalescenten bestimmt.

Die Entfernung je zweier freistehender Pavillons auf der linken Seite der Anstalt beträgt 126 Fuss; es ist diess im Vergleiche zu der Länge, mit welcher die Pavillons von den Längenflügeln vortreten, nämlich 84 Fuss, unbedingt sehr günstig, indem sonnige luftige Plätze für den Aufenthalt der Kranken geschaffen sind und der Schatten eines Pavillons nicht die ganze Breite des Intervalles bedeckt. Es erscheint diese Entfernung gegenüber jener der Pavillons von Larihoissière in Paris, welche bei einer Länge von 150 Fuss eine solche von 60 Fuss, und St. Jean in Brüssel bei einer Länge von 85 Fuss 30 Fuss Entfernung haben, als vortheilhafteres Verhältniss für den Zutritt von Licht und Luft in die Krankenräume und zu diesen Intervallen, die als Gärten noch den Vorzug besitzen, dass sie gegen die West- und Nordseite gänzlich abgeschlossen und geschützt sind und zugleich dem Kranken, der das Bett und Zimmer verlassen darf, auch bei minder freundlichem, nicht windfreiem Wetter den Aufenthalt im Freien ermöglichen, weil er auf diesen Plätzen Schutz gegen die nur allzuhäufig in Wien herrschenden Luftströmungen findet.

Die Krankenanstalt enthält 6 Stiegen, welche an den Kreuzungspunkten und im Mittel der Längenflügel vertheilt sind. Es ist zwischen je zwei Krankenpavillons eine Stiege angelegt und die Möglichkeit geboten, einzelne Partien der Anstalt von den andern gänzlich zu trennen, und zwar so, dass im Falle einer entstehenden Epidemie die Verbindung in den Corridors gänzlich aufgehoben und jede Treppe mit einem Ausgange nach den Höfen von einem oder zwei Pavillons benützt werden kann.

Die beiden Haupttreppen rechts und links des Vestibules sind mit 10 Fuss, die vier Treppen in den Längenpavillons mit 8 Fuss Breite in Stein ausgeführt.

Sämmtliche Gebäude für die Aufnahme der Kranken haben drei Geschosse u. z. ein Erdgeschoss und darüber zwei Stockwerke.

Nachdem die Bauarea nicht hinreichend gross war, um Magazine und Depôts für die nothwendigen Vorräthe der Anstalt getrennt von dieser zu erbauen, so wurde durch Herstellung eines vollkommen trockenen und hellen Souterrain-Geschosses dafür Sorge getragen, dass diese nothwendigen Räume in der Krankenanstalt selbst untergebracht werden.

Das Terrain, auf welchem die Anstalt erbaut wurde, hat in der Richtung der Boerhavegasse gegen die Rudolfgasse ein starkes Gefälle und zwar 4 Fuss in der Länge der Hauptfronte betragend.

Der Fussboden des ebenerdigen Geschosses ist um 4 Fuss über das Trottoir, und zwar vom Pflaster des grossen Vestibules gemessen, erhaut, so dass die Souterrain-Localitäten hinreichend über die Trottoirhöhe ragen, um mittels grosser Fenster dieselben licht und luftig und für die Aufbewahrung von Einrichtungs-Material-Vorräthen und Bettfournituren vollkommen geeignet zu machen.

Diese Souterrain-Räume *D* sind im Lichten 13 Fuss hoch, durchgehends eingewölbt, und um das Eindringen der Feuchtigkeit zu vermeiden, ist der Verputz mit hydraulischem Mörtel ausgeführt.

Die Fussböden bestehen nach den Bedürfnissen und Bestimmungen der Localitäten aus Ziegelpflaster oder Pfostenböden.

Die Corridore bilden im Souterrain eine vollständige Verbindung im ganzen Umfange des Gebäudes und knüpfen an jene des Administrations- und Oeconomiegebäudes an, so dass in diesem Geschosse die Communication nach allen Seiten hin stattfinden kann. Eine Abzweigung dieser Corridors findet ihre Fortsetzung unter dem Gartenterrain und mündet nach dem Souterrain des Leichengebäudes, so dass dieses über dem Erdhorizonte von den Anstaltsgebäuden getrennte Object in diesem Geschosse damit communicirt.

Längs der Corridore im Souterrain ist ein an den Ecken und Kreuzungen der Tracte und Flügel mit Drehscheiben versehenes Bahngeleise ausgeführt, auf welchem mittels Handwagen die Materialien von einem Theile der Anstalt nach dem andern befördert und zu den bestehenden Aufzügen, deren später noch erwähnt wird, geschafft werden können, um mittels dieser in die einzelnen Stockwerke zu gelangen.

Auf dieser Bahn werden die durch die Aufzüge ins Souterrain geschafften Leichen auf besonderen Wägen nach dem Leichenhause zur weiteren Procedur gebracht, so dass die Wegschaffung der Leiche aus dem Krankenzimmer auf dem kürzesten Wege, ohne die Corridore und Treppen der übrigen Stockwerke oder die Höfe zu berühren, mittels der Versenkung in das Souterrain und von dort mit Bahnwagen nach dem Leichenhause geschieht.

Die Corridore sind für die Benützung bei Nacht mit Gasflammen erleuchtet, und eben so die 6 Stiegen, welche von der Anstalt dahin führen.

Im Souterrain befinden sich die vier Heisswasserkessel *E*, welche das nöthige warme Wasser für die Bäder liefern.

Die Depots dienen zur Aufbewahrung von Holz, Kohle und Coaks, Vorräthen an Holzeinrichtung für Krankenzimmer, von Küchengeschirren, Glaswaaren, Metallwerkzeugen, Requisiten, Bettdecken, Rosshaaren und Matratzen.

In einem der Souterrain-Locale, bei F, befindet sich der sogenannte Reinigungs-Ofen, um unreine Kleider aufgenommener Kranker dem Reinigungs-Processe zu unterziehen.

Das Erd-Geschoss, der erste und zweite Stock der Kranken-Anstalt enthalten 30 Krankensäle, jeder mit 18 bis 27 Betten und den dazu gehörigen Separations-Zimmern für zwei bis drei Betten.

Diese Gebäude sind ganz aus Ziegel ausgeführt, die Theilungen der Doppel- und Dreifachen-Fenster, so wie die Verdachungen und die Abdeckungen der Giebel aus Stein. Die Geschosshöhen betragen zu ebener Erde und im ersten Stocke 17 Fuss, im zweiten Stocke 16 Fuss im Lichten.

Die Decken sämmtlicher Räume der Anstalt durch alle Stockwerke wurden aus Ziegelgewölben hergestellt, um sowohl wegen Feuersgefahr, als auch wegen den vielfachen Manipulationen mit Wasser die Holzdecken gänzlich zu vermeiden. Die Corridore, so wie alle Räume von kleineren Spannweiten sind mit segmentförmigen Gewölben ausgeführt, die Krankensäle, deren Spannweiten von 26½ bis 28 Fuss betragen, wurden auf eisernen Trägern eingewölbt, welche aus genieteten Kesselblechen bestehen und aus Ersparungs-Rücksichten nicht auf der ganzen Länge sondern nur zum Theil u. z. bei den Auflagern und in der Mitte der Träger, so weit es die Steifheit und erforderliche Tragfähigkeit derselben erlaubte, mit Deck- und Fussblechen versehen sind.

Die Entfernungen, in welchen dieselben gelegt sind, betragen 6½ bis 7 Fuss, die dazwischen gewölbten Segmenttonnen in einer Pfeilhöhe von ½ Fuss auf die Dicke eines halben Ziegels mit hydraulischem Mörtel ausgeführt, wurden in der Linie der Curve mit Mörtel verputzt, so dass die Krankensäle keine flachen Decken besitzen. Die Constructionslinie der Gewölbe und die dazwischen liegenden Eisenträger, an welche ein einfaches, entsprechendes Profil in Gyps-Mörtel gezogen wurde, sind sichtbar.

Die Fussböden sämmtlicher Kranken-Räume, so wie auch der Corridore sind aus Eichenholz nach der Construction der sogenannten französischen Friesböden, aus schmalen 4 Zoll breiten, 3 Fuss langen mit Feder und Nuth verbundenen Brettchen hergestellt, und zwar nach der Diagonale sich kreuzend, in der Form, welche mit dem Namen Fischgräthe bezeichnet wird. Diese in jeder Richtung als vorzüglich bewährte Fussbodenconstruction wurde besonders aus dem Grunde für die Kranken-Anstalt gewählt, weil die bei den gewöhnlichen Fussböden sich ergebenden grossen Fugen, welche der Reinlichkeit immer Hindernisse bieten, in geringerem Masse vorkommen. Diese Construction hat alle Vortheile des Parquet-Bodens, und die Kosten dafür stellen sich im Allgemeinen billiger.

Die Böden wurden mit heissem Wachse eingelassen und aufgebürstet.

Die einfachen Fenster der Kranken-Räume und Corridore haben eine Breite von 4½, die gekuppelten 6½ bis 9 Fuss Breite; deren Höhe beträgt im Erdgeschosse und im ersten Stocke 10 Fuss, im zweiten Stockwerke 9 Fuss.

Die 10 Fuss hohen Fenster sind nach der Höhe 3mal getheilt, um die zu grossen Flügel zu vermeiden, damit aber der Kranke durch Oeffnen der unteren Flügel und directen Zutritt der Luft nach dem Bette nicht belästigt wird, werden nur die mittleren Flügel geöffnet.

Die Fenster des zweiten Stockwerkes haben nach der Höhe nur eine zweimalige Flügel-Theilung.

Bei sämmtlichen Fenstern in den Kranken-Räumen und den Corridors sind die obersten Flügel behufs der natürlichen Ventilation mit der oberen Kante nach innen zu öffnen, indem der Flügel sich um eine horizontale Achse, welche an der unteren Kante desselben als Drehungs-Achse disponirt ist, nach innen bewegt, und zwar werden bei dieser Drehung sowohl die Flügel des äusseren und des innern Fensters zugleich geöffnet, indem deren Bewegung durch Einen Angriffspunkt geschieht.

Die Vorrichtung, welche die Drehung der beiden Flügel bewirkt, ist ein Knie-Hebel, welcher durch eine Schraubenmuttor, die auf einer Schraubenspindel sich hin und zurück bewegt, nach aufwärts geschoben oder zurückgezogen wird, je nachdem die Schraubenmutter die Bewegung macht.

Es ist dies eine Schraube ohne Ende welche durch eine einfache Kurbel gedreht wird, und auf jeder Tour fixirt werden kann; indem daher nur die Wendung der Schraubenspindel die Bewegung hervorbringt, so hat man das Mehr- oder Minder-Oeffnen dieser Ventilations-Flügel ganz in seiner Gewalt.

Um beim Schliessen dieser Ventilations-Flügel nicht der Möglichkeit Raum zu geben, dass durch die natürliche Elasticität des Holzes der obere Theil des Flügels sich nicht vollkommen an den Fensterstock anschliesst, so dient eine in der Höhe des Kämpfers befestigte starke Spiralfeder dazu, den äussern der beiden Flügel in den Falz des Fensterstockes hineinzudrücken, wodurch zugleich der innere Flügel nach sich gezogen wird. Jedes Fenster besitzt zwei solcher Vorrichtungen, so dass die rechten und linken Ventilationsflügel getrennt sind und unabhängig voneinander geöffnet werden können.

Die Thüren zu den Vorzimmern und den Krankensälen haben eine Breite von 5 Fuss und eine Höhe von 9¼ Fuss, jene zu den Nebenräumen sind als Doppelthüren mit 4 Fuss Breite nnd 8 Fuss Höhe ausgeführt, so dass überall der Verkehr für Betten, Möbel und der Transport des Kranken mit der Tragbahre ungestört geschehen kann.

Der Anstrich für Fenster und Thüren ist hell eichenfarb gehalten, damit die Räume ein freundliches Ansehen gewinnen und jeder düstere Eindruck, der durch dunkle Farben hervorgebracht werden könnte, vermieden wird.

Von den 6 Haupttreppen der Anstalt führt keine zu den Dachböden, jedoch sind an vier Kreuzungspunkten der Längen- mit den Querflügeln Treppen angelegt, welche vom zweiten Stockwerke dahin führen. Diese Treppen haben doppelte Abschlüsse durch eiserne Thüren, bei den Eingängen im zweiten Stockwerke und bei den Ausgängen am Dachboden.

Das Umfangs-Mauerwerk dieser steinernen Boden-Treppen ist bis unter das Dachstuhl-Gerippe aufgeführt, und der Raum überwölbt, so dass die Räume der Bodenstiegen vollkommen feuersicher abgeschlossen sind, und dadurch die Fortpflanzung eines etwaigen Dachfeuers nach den unteren Stockwerken verhindert wird.

Die Dachböden enthalten die Reservoirs der Wasserleitung, das ganze Netz ihrer Verbindungen untereinander und der einzelnen Linien für die Alimentation der Kranken-Abtheilungen.

Das Deckmateriale für die Dächer ist englischer Schiefer über einer doppelten Schindel-Eindeckung.

Jener Theil der Kranken-Anstalt, welcher an der Haupt-Fronte die Verbindung nach den beiden Haupttheilen bildet, die Vorhalle, hat ein flaches Dach, mit Zink nach dem französischen Leisten-Systeme eingedeckt. Dasselbe wird durch die Galerie aus Stein und den Treppen-Giebel an der Haupt-Façade dem Beschauer vollständig entzogen und auf diese Weise der Charakter der Terrasse gewahrt. Eine solche flache Bedachung statt einer wirklichen Terrasse war nothwendig, da die Herstellung vollkommen wasserdichter Terrassen-Eindeckungen, bei den hiesigen klimatischen Verhältnissen beinahe zu den Unmöglichkeiten gehört, insbesondere da die Breite derselben 93 Fuss beträgt, wodurch die Masse des Schnees und Regenwassers auf dieser Fläche bedeutend wird, und noch die Nothwendigkeit hinzutritt, dass Glas-Oberlichten angebracht werden sollen.

Dies wären die Hauptmomente in Bezug auf bauliche Durchführung der Krankenanstalt, es bliebe uns daher noch die Betrachtung der speciellen Anordnung und Eintheilung übrig, zu der wir jetzt übergehen wollen.

Detail-Anordnungen. — Jedem Krankensale sind alle jene Nebenräume angeschlossen, welche in den neueren Spitalbauten sich als Bedürfniss-Räume finden und für den Dienst nothwendig erscheinen, wodurch auch die Möglichkeit geboten

ist, jede einzelne solche Partie für sich abzuschliessen, da sie alle geforderten Bedürfnisse in sich vereiniget.

Wie schon erwähnt, wurden die Säle *a* nach den verschiedenen Grössen in den Pavillons für die Aufnahme von 18 bis 27 Betten angelegt.

Das System der Krankenzimmer, welches für diese Anstalt hohen Ortes bestimmt wurde, ist jenes der oblongen Räume, mit zwei Reihen Betten, und zwar die eine mit den Kopfenden an den Fensterpfeilern, die andere mit denselben an der Mittelmauer, gegen die Mitte des Saales gerichtet, so dass ein breiter Gang nach der Länge des Saales für die Communication frei bleibt.

Die Fenster dieser Krankensäle sind nach Süd und Ost gerichtet; gegen die Nord- oder Westseite liegen die Gänge, welche die Verbindung im Umfange des ganzen Hauses nach den Stiegen vermitteln und zugleich die Kranken-Räume gegen die Einflüsse der Wetterseite schützen.

Die Krankensäle bieten bei einer lichten Stockwerks-Höhe von 17 und 16 Fuss durchschnittlich einen mittleren Luftraum von 1480 Cubik-Fuss per Bett; es ist damit den neueren Forderungen vollkommen Genüge geleistet. Bei der Gemachtiefe von 27½ Fuss wird, wenn die Betten mindestens 1½ Fuss von den Fenster-Pfeilern und den Mittelmauern mit den Kopfenden entfernt bleiben, nach Einstellung der 6 Fuss langen Betten, der mittlere Gang eine Breite von 12 Fuss für die Communication und Aufstellung des Speise- und Manipulations-Tisches in der Mitte des Saales behalten.

Die Entfernung der Fenstermittel von einander beträgt 14 Fuss, es ist daher nach Abschlag der Fensterbreite von 4½ Fuss und der Breite zweier Betten noch eine Entfernung von 3½ Fuss zwischen je 2 Betten an einem Fensterpfeiler möglich, ohne dass die Betten unmittelbar vor die Fenster zu stehen kommen.

Jene Betten, welche mit ihren Kopfenden an der Mittelmauer stehen, sind vollkommen beleuchtet, da die bedeutende Höhe der Fenster die ganze Tiefe des Zimmers erhellt, um so mehr als keiner der Krankensäle durch einen gegenüberliegenden Bau an Licht geschädiget wird.

Die Fenster der Kranken-Anstalt haben Parapete von 4 Fuss Höhe, wodurch dem das Bett verlassenden Kranken der Blick nach Aussen noch sehr bequem gestattet und zugleich bewirkt wird, dass die im Bette befindlichen Kranken mit dem Kopfe unter dem Niveau der Fenster liegen und daher durch die Parapet-Mauer vor Zugluft geschützt werden.

Den Eintritt zu den Krankensälen vermitteln die Vorzimmer *b* von Seite des Ganges. In diesen Vorzimmern befinden sich in mehreren Partien die Theeherde zur Erwärmung von Wasser, Cataplasmen und Medicamenten, während in einigen andern Flügeln dieser Theeherd in einem besonderen Raume disponirt ist.

Die Anstalt besitzt zwei Gattungen solcher Theeherde; eine derselben besteht aus einer Wärmeröhre mit gusseisernen Platten, von denen die eine Einsatzringe erhält, damit man auch über offener Feuerung die betreffenden Gegenstände schneller erwärmen kann; die zweite Art enthält nebst der Wärme-Röhre für Wasser und Medicamente noch eine zweite zum Trocknen und Erwärmen von Wäsche. Es ist dies eine Blech-Röhre von 1½ Fuss Länge und 1½ Fuss Höhe mit einer eisernen Thüre zum Schliessen.

In diese eiserne Röhre ist eine zweite aus glasirtem Thone eingesetzt, welche das Verbrennen und zu starke Erhitzen der Wäsche an der einfachen Blechwand verhütet. Dieser Thon-Einsatz enthält sowohl an den Seiten-Flächen wie auch an der obern und untern Boden-Fläche runde Oeffnungen, welche der in der Wäsche noch befindlichen Feuchtigkeit durch ein Rohr, das von der äusseren Blechwand nach Aussen führt, einen Abzug ermöglichen.

Die Theeherde haben Feuerungen für Coaks und Kohle eingerichtet, sind in die Form von Kaminen, aussen mit glasirten Kacheln verkleidet, gebracht, oben mit einem profilirten Metall-Rahmen eingefasst und mit Steinplatten abgedeckt.

Zunächst der Krankensäle befinden sich die Zimmer *c* der Wärterinnen, in welchen sich dieselben ausserhalb des Dienstes aufhalten und ihre Schlafstellen haben.

In den meisten Fällen befinden sich diese Räume unmittelbar an dem Krankensaale, so dass die darin verweilende Wärterin mittels eines Observationsfensters den ganzen Saal übersehen kann.

Ganz in der Nähe des Krankensaales liegen die Closets *d*, deren je zwei für eine Gruppe bestimmt

und durchgehends so situirt sind, dass sie mittels Fenster nach den Gärten Licht und Luft erhalten, nirgends aber in die Gänge münden.

Es wurden auch aus dem Grunde innere und äussere Fenster zum Schlusse verwendet, damit der Raum im Innern während des Winters warm erhalten wird.

Der Eintritt in die Closets erfolgt in keinem Falle direct vom Krankensaale, sondern allenthalben durch Vorräume, so dass zwischen den Krankenzimmern und jedem Closete 3 Thüren den Abschluss bilden, wodurch ein Eindringen der Luft von den letzteren in die ersteren nicht leicht möglich ist.

Die Construction der Water-Closets ist nach englischer Art, mit Verschalung aus Birnbaumholz für Sitz, Seitenwände und Aufschlagspiegel und mit emaillirten gusseisernen Schalen, deren untere Klappe sowie die Verbindung mit dem Wechsel des Wasserreservoirs, mittels einer Kurbel, welche am Sitze angebracht und drehbar ist, geöffnet und geschlossen werden kann.

Für die ganze Anordnung der Aborte war das Hauptaugenmerk darauf gerichtet, dass dieselben reichlich mit Wasser versorgt seien, und aus diesem Grunde werden die bei den Aborten angebrachten Wasserreservoirs direct aus der allgemeinen Leitung am Dachboden gespeiset, damit niemals eine Entleerung dieser Closetsreservoirs eintreten könne.

Ueberdies ist noch die Einrichtung getroffen, dass das Ueberfallwasser von den Dachbodenreservoirs, das Ablasswasser von den Einzelnbädern und den in den übrigen Localitäten bestehender Wasserausläufen in die bei den Closets bestehenden 8 Zoll weiten gusseisernen Abortschläuche geleitet wird, um dieselben fortwährend zu bespülen und das Ansetzen von Unreinigkeit an den innern Wänden derselben zu verhindern.

Bei jedem Closete befindet sich am Fusse des Sitzes ein Ablauf für das Tropf- oder verschüttete Wasser, welcher im Niveau des Fussbodens mit einem Metallsiebe geschlossen ist, damit nicht concrete Gegenstände hineingedrängt werden können, und der mittelst eines Rohres in den Abortschlauch mündet. In dieses Verbindungsrohr ist unter dem Closetsitze eine Wassersperre eingeschaltet, welche das Hereindringen des Geruches aus dem Abortschlauche durch diesen Ablauf unmöglich macht.

Auf der Seite der Abtheilungen für männliche Kranke bestehen bei den Aborten noch überdiess Pissoirs, deren Construction jener in den neueren Bahnhöfen ausgeführten ähnlich ist.

Sie besteht aus einer zur verticalen Wand in einem sehr spitzen Winkel geneigten schiefen Ebene, welche aus Portland-Cement hergestellt ist, und oben in einer Höhe von 4 Fuss über dem Fussboden in einer gezogenen Hohlkehle ein siebartig durchlöchertes eisernes Wasserleitungsrohr enthält, durch das stets ein dünner Wasserspiegel über die ganze schiefe Fläche herabrieselt und fortwährend dieselbe überspült.

Am Fusse dieser schiefen Ebene befindet sich eine aus hartem Steine gearbeitete, im Fussboden versenkte Rinne mit dem nothwendigen Gefälle, um die sich ansammelnden Flüssigkeiten durch ein an die Rinne sich anschliessendes Rohr in den Abortschlauch abzuführen. Ueber die steinerne Rinne ist ein schwaches Gitter aus hochkantigem Flacheisen gelegt, um das Verunreinigen derselben zu verhüten, und einen bequemen Standpunkt zu ermöglichen.

Die Fussböden für die Aborte sind aus Kehlheimer Platten, jene der Vorplätze und Pissoirs aus Asphalt hergestellt.

Jeder grosse Krankensaal hat ferner ein Badecabinet, in welchem die Bäder für jene Kranken bereitet werden, die sich nicht in die allgemeinen Bäder begeben können.

Das kalte Wasser für diese Bäder wird aus den Reservoirs am Dachboden zugeleitet; das warme Wasser liefern die schon erwähnten Heisswasserkessel in den Souterrains.

Die Einrichtung der in dieser Anstalt verwendeten Badewannen aus starkem Zinkbleche ist der Art, dass die beiden Zuläufe von kaltem und warmem Wasser sich in einem an der äusseren Seitenwand der Wanne angebrachten Mischungskasten aus demselben Materiale vereinigen, und das Wasser kalt mit warm vermischt durch einen siebartig durchlöcherten Zulauf in der unteren Hälfte der Seitenwand eintritt und die Wanne füllt, wodurch jede, durch Unvorsichtigkeit mit heissem Wasser zu befürchtende Gefahr vermieden wird.

Ueberdiess ist noch die Vorsicht gebraucht, dass die Zulaufhähne des Wassers nicht der Willkür des

Badenden Preis gegeben sind, sondern dass das Oeffnen und Schliessen derselben von dem Wartepersonale durch einen entfernbaren Schlüssel geschieht.

Dieselbe Rücksicht wurde bei dem Ablassen des Badewassers genommen, indem man in dem Boden der Wanne eine siebartige Oeffnung für den Ablauf anbrachte und den Hahn, welcher das Ventil in dem Ablaufrohre bewegt, nur ausserhalb der Wanne in einer im Fussboden angebrachten Hülse mittels eines Schlüssels zum Drehen richtete, womit jeder Willkür und dem Muthwillen vollkommen Schranken gesetzt werden.

Die Fussböden der Badezimmer über dem Gewölbe der Decke bestehen aus einem Ziegelpflaster in hydraulischem Mörtel gelegt, mit einer Asphaltschichte überzogen, welche sich ringsum 2 Zoll an den Seitenwänden des Zimmers in einer muldenartigen Rundung hinaufzieht, um diese Seitenwände und den Verputz vor dem Eindringen des Wassers zu schützen.

Der Fussboden ist muldenförmig mit einem Gefälle nach der Mitte des Gemaches, um das verschüttete Wasser in einem Punkte sammeln und leichter entfernen zu können.

Bei jedem Krankensaale wurde ein Separationszimmer *f* für zwei bis drei Betten, bei einigen Pavillons auch zwei solche Zimmer angelegt. Der Zweck derselben, unruhige, delirirende oder Kranke, welche aus andern Gründen von den übrigen gesondert werden müssen, unterzubringen fordert deren Anlage in jeder neueren Krankenanstalt. Die Einrichtungen dieser kleinen Krankenzimmer sind ganz conform jenen der grossen Krankensäle.

Zunächst den Krankensälen der chirurgischen Abtheilungen sind Operationszimmer und zwar so angelegt, dass die Kranken direct aus dem Saale in dieses Zimmer gebracht werden können, ohne dass sie über Treppen und Gänge transportirt zu werden brauchen.

Es sei hiebei noch erwähnt, dass die Wände der Krankensäle, der Separations- und Vorzimmer mit einer mattgrünen Farbe gemalt wurden, welche für das Auge beruhigend wirkt, ohne den Raum der Helle zu berauben.

Bei jedem Krankensaal ist ferner ein Aufzug *g* angebracht, welcher vom Souterrain bis zum zweiten Stockwerke reicht und von je drei übereinanderliegenden Sälen benutzt wird. In jedem der Stockwerke kann diese Maschine angetrieben werden, das Dienstpersonale braucht nur in dem betreffenden Stockwerke die Plateform, je nachdem die zu transportirenden Gegenstände aus dem tieferen Geschosse heraufzuziehen, oder aus dem höheren herabzulassen sind, mit denselben zu belasten und nach der Richtung, die das Bedürfniss erheischt, weiter zu bewegen. Die Bewegung des Antriebes geschieht durch die Drehung einer Kurbel, wozu die Kraftanwendung einer Person hinreicht. Die Plateform, der sogenannte Wagen, 6 Fuss lang und 2¼ Fuss breit, hängt an einem Hanfseile, welches sich um eine Trommel im Souterrain-Niveau aufwindet; durch eine Räderübersetzung mit einer durchgehenden senkrechten Welle, an welcher in den verschiedenen Stockwerken die Getriebe mittels Kegelräder wirken und die Bewegung übertragen, wird das Auf- oder Abwinden des Seiles bewirkt.

Aus den Krankenabtheilungen werden Einrichtungsgegenstände, Betten, zu reinigende Wäsche und endlich die Leichen nach dem Souterrain versenkt und von dort mittels der Bahnwägen weiter geschafft.

Umgekehrt wird aus dem Souterrain frisch gewaschene Wäsche, umgewechselte Bettfourrituren, Einrichtungsgegenstände und das Brennmateriale nach den Krankenabtheilungen in das Erdgeschoss, sowie in den ersten und zweiten Stock aufgezogen.

Diese Aufzüge haben in den Krankenabtheilungen Abschlüsse durch Schiebethüren, so dass die Communication zwischen den einzelnen Stockwerken abgesperrt ist.

Noch muss erwähnt werden, dass für den Fall als das Seil, an welchem die Last hängt, reissen sollte, eine Sicherheitsvorrichtung angebracht ist, welche darin besteht, dass durch eine nun frei werdende Spiralfeder, welche zwei an den Enden stark in Spitzen geschröpfte Eisenstangen in die Leitbalken hineingedrängt, der Wagen zum Stehen gebracht wird, so dass er nicht tiefer sinken oder fallen kann, so lange diese Spitzen aus den die Führung bildenden Holzbalken nicht gewaltsam durch Anziehen obiger Feder befreit werden.

Mehrere Pavillons haben kleine Nebengemächer, welche zur Aufbewahrung der unreinen Wäsche benützt werden und für den Dienst grosse Bequemlichkeiten bieten.

In jedem der Krankensäle und Separationszimmer besteht ein Auslaufventil für kaltes Wasser mit einer Muschel für den Ablauf. Jene Krankenlocalitäten, welche für die chirurgischen Abtheilungen im Erdgeschoss bestimmt sind, haben nebst den Ausläufen für kaltes, auch solche für warmes Wasser, welche Einrichtung ebenso in den als Operationszimmer bestimmten Localitäten getroffen ist.

Die zu Waschräumen bestimmten Gemächer und jene Theile der Corridore, welche zu einem Krankensaale gehören, besitzen Wasser-Auslaufventile mit Muscheln, um allenthalben Wasser, dieses nothwendige Element für eine solche Anstalt, in nächster Nähe zu haben.

Im weiteren Verfolge der Beschreibung dieser Krankenanstalt wird eine allgemeine Bemerkung über die Anlage der Wasserleitung für dieses Institut folgen, hier soll sie nur insoferne berührt werden, als sie einen Bestandtheil der Einrichtung der eigentlichen Krankenanstalt bildet.

In diesem Sinne wäre noch zu erwähnen, dass die Wasser-Auslaufventile nach einem bei der Ausstellung in London angekauften Modelle construirt sind, bei welchem das Oeffnen und Schliessen mittels eines Schraubenstempels geschieht, der eine in der Metallhülse eingelegte Kautschukplatte an den Auslauf anpresst und ihn schliesst, oder diese lüftet und den Auslauf öffnet. Durch diese Einrichtung wird das Sprühen des Wasserstrahles, so wie das Tropfen gänzlich vermieden, und der Strahl ist in seiner Auslaufstärke sehr leicht zu reguliren. Die Schraube, welche die Kautschukplatte anschliesst oder lüftet, wird durch eine kreisrunde horizontale, an ihrer Umfangsfläche stark gekerbte Metallplatte auf eine sehr bequeme Weise gehandhabt und bewegt.

Die Wasser-Ablaufmuscheln sind aus Gusseisen hergestellt und im Innern emaillirt. Das Ablaufrohr ist nach dem Abortschlauche geleitet, und, um jedes Eindringen von Geruch unmöglich zu machen, die Ausmündung dieses Rohres in der Muschel mit einer Wassersperre geschlossen, welche leicht abgehoben werden kann, um dort sich ansammelnde Unreinigkeiten, Sand oder andere feste Körper daraus zu entfernen.

Das Hineinfallen fester Körper in das Ablaufrohr wird dadurch verhindert, dass dasselbe unter der Wassersperre noch mit einem Blechsiebe versichert ist, welches nur der Flüssigkeit den Durchgang gestattet.

Zur eigentlichen Krankenanstalt gehören noch die allgemeinen Bäder *h*, welche im ebenerdigen Geschosse in den rückwärtigen Flügeln untergebracht sind, und zwar auf der rechten Seite das Bad für Frauen, auf der linken jenes für Männer; beide sind der Anordnung und Eintheilung nach aber vollkommen gleich.

Jede dieser Badeanstalten besteht:

1. aus den Wannenbädern.

In einem grösseren Raume sind 6 Badecabinen mittels hölzerner Wände abgetheilt, deren jede eine Wanne sammt der nöthigen Einrichtung enthält und zunächst diesen befindet sich noch ein getrenntes Badecabinet mit einer Wanne, so dass in jeder Abtheilung 7 Bäder zugleich gegeben werden können.

2. aus dem Dampf- und Douchebad.

Von den gemeinschaftlichen Vorzimmern aus betritt man einen zweiten Raum, der zum Auskleiden und Ausruhen der Badenden dient; von diesem gelangt man zu dem Douche- und dem Dampfapparate, welch' ersterer in Verbindung mit den Wannenbädern steht.

Die Einrichtung der Bäder ist eine solche, wie sie in den neuesten Anstalten ausgeführt wurde.

Die Badewannen haben durchgehends dieselben Einrichtungen wie bei den Einzelnbädern zunächst der Krankensäle.

Die Douchen haben 6 verschiedene Formen, und zwar eine kalte und warme Douche, eine stärkere und eine schwächere Strahldouche, eine horizontale Douche, eine Regendouche mit grosser Brause, und endlich eine solche mit doppelter Bewegung von unten nach oben und einer Brause aus der Höhe.

Daran schliesst sich das Dampfbad von gewöhnlicher Einrichtung an.

Die Fussböden für alle diese Badelocalitäten bestehen, wie bereits erwähnt, über den Souterraingewölben aus einem Ziegelpflaster in hydraulischem Mörtel und einer Asphaltirung darüber; sie haben ein Gefälle nach dem Mittelpunkte des Raumes und im tiefsten Punkte ist ein kupferner Seihapparat eingesetzt. Die Umfangsfläche dieses Apparates ist von

einem einen Zoll breiten Metallkranz umgeben, über welchen der Asphalt übergreift, so dass zwischen dem Metall und dem Asphalt kein Wasser eindringen kann.

Durch diesen Seihapparat wird das verschüttete und Tropfwasser mittels eines Rohres in den Canal abgeleitet.

Von den Badewannen führen Ableitungsrohre, welche sich in ein gemeinschaftliches Hauptrohr vereinigen, das gebrauchte Badewasser nach dem Canale ab; sie sind über dem Asphaltboden frei gelegt, um bei allfälligen Störungen gleich zu den Wechseln gelangen zu können.

Ueber diesen Asphaltböden sind dann sogenannte Lattenböden aus hochkantigen Holzlatten ausgeführt, so dass zwischen je zwei Latten immer ein kleiner Zwischenraum bleibt und alles Wasser, welches durch Baden oder Waschen auf den Fussboden gelangt, unter dem Holzboden auf die Asphaltdecke und von dieser nach dem Canale abgeleitet wird.

Diese Lattenböden sind in Theilen, welche in Rahmen gefasst sind, construirt und können leicht abgehoben werden. Bei den Dampfbädern wurde, um die Gewölbe, welche die Decken bilden, gegen die Nässe des Condensations-Wassers zu schützen, 1½ Fuss von diesen entfernt eine hölzerne Decke mit doppelter Verschalung aus Föhrenholz angebracht, bei welcher die Bretter sehr genau gefügt und die Stossfugen überdiess mit Deckleisten versehen sind, so dass dieser Oberboden das Gewölbe beinahe hermetisch abschliesst.

Für die Zuführung frischer Luft, Ableitung des gebrauchten Dampfes und der feuchten Luft bestehen die entsprechenden Ventilationsvorrichtungen.

Die innern und äussern Fenster, so wie der zweifache Thürverschluss sind mit eingelegten, befestigten Kautschukstreifen gedichtet, um das Entweichen des Dampfes zu verhindern.

Bei jeder dieser beiden Badeabtheilungen befinden sich zwei Closets, und ein Raum für Aufbewahrung der Bade-Wäsche.

In den Gebäuden der Kranken-Anstalt haben die 7 Zimmer *k* die specielle Bestimmung, den Primarärzten für die nothwendigen Arbeiten ihrer Abtheilung und zum Empfange von Parteien zugewiesen zu werden; aus diesem Grunde sind sie auch an den entsprechenden Punkten der Anstalt vertheilt. Der im 1. Stocke des linken Längenflügels mit *l* bezeichnete Raum ist als Commissionszimmer zu Berathungen für die Direction des ärztlichen- und Verwaltungs-Personales bestimmt.

Um der Anforderung zu entsprechen, dass mehrere Secundar-Aerzte in der Kranken-Anstalt selbst ihre Wohnungen haben sollen, weil die grössere Anzahl derselben im Administrationsgebäude wohnt, so wurden die 7 Zimmer *m*, wovon 5 im ebenerdigen Geschosse und zwei im ersten und zweiten Stocke situirt sind, dazu bestimmt.

Die Verbindungsgänge bilden in der Kranken-anstalt ein wesentliches Element, denn sie haben nicht allein den Zweck, die vollständige Communication in der ganzen Anstalt und in jedem Stockwerke herzustellen, sondern dienen zugleich auch als Promenoirs für Convalescenten und bilden die Reservoirs für die Lufterneuerung in allen Räumen, welche an die Krankensäle grenzen.

Wegen des Aufenthaltes solcher Kranken daselbst, welche Bett und Zimmer verlassen können, sind diese Gänge mit inneren und äusseren Fenstern geschlossen, in welchen die früher angedeuteten Lüftungs-Vorrichtungen durchgehends angebracht sind.

Der Gang jeder einzelnen Abtheilung ist an den Kreuzungspunkten der Tracte und bei den Treppenhäusern mit Glaswänden abgeschlossen, in welchen breite Doppelthüren den Verkehr und das Tragen selbst grosser Gegenstände möglich machen. Es wird demnach jede Zugluft vermieden, und das Hereindringen der kalten Luft aus den Treppenhäusern im Winter verhütet.

Die Fussböden sind, wie in den Krankensälen, aus Eichenholz und von derselben Construction, sogenannte Friessböden.

Die einzelnen Abtheilungen sind durchgehends mit Oefen eingerichtet; bei den längeren Gängen in den Hauptlängenflügeln sind je zwei, in den kürzeren je ein Ofen zur Erhöhung der Temperatur im Winter aufgestellt.

In jeder solchen Gang-Abtheilung befindet sich ein Wasser-Auslauf mit einer Muschel; auch sind allenthalben zum Ausruhen der promenirenden Kranken Sitzbänke aufgestellt.

Die Wände haben als Anstrich eine Imitation des Wöllersdorfer Steines mit gelblichem Grundtone erhalten, weil diese Textirung nicht durch jede Berührung oder sonstiges unvorsichtiges Gebahren so leicht sichtlich schadhaft wird.

Dies wäre das Wesentlichste über die Anlage und Einrichtungen der eigentlichen Krankenanstalt; nur zwei allgemeine Punkte müssen noch erörtert werden: die Beleuchtung und die Beheizung und Ventilation.

Die Beleuchtung der Kranken-Anstalt geschieht durchwegs mit Gas. Es werden die Stiegen und Corridore während der Nacht mit offenen Gas-Flammen erleuchtet, so wie auch die Nebenräume der Krankenzimmer, nämlich die Vorzimmer, die Aborte, die Wärterzimmer und im erforderlichen Falle selbst die Badezimmer.

Gegen das Anbringen offener Gasflammen für die Erleuchtung der Krankensäle und kleineren Krankenzimmer waren von ärztlicher Seite Bedenken erhoben worden, es wurde daher die Beleuchtung dieser Räume durch Gasflammen mit folgenden Vorrichtungen bewerkstelliget.

Die Gasflamme brennt in einer an der Wand angebrachten, gegen das Krankenzimmer mit Glas vollkommen geschlossenen Laterne, von welcher aus ein Abzugsrohr in einen in der Mauer befindlichen Rauchschlott, oder in den nebenan befindlichen Raum mündet, in welchem sich keine Kranken aufhalten, als: Vorzimmer, Stiegenraum, Waschraum etc. Die zum Verbrennen nothwendige Luft wird durch eine kleine Oeffnung unten am Boden der Laterne aus dem Saale gesogen und die verdorbene mit Kohlenstoff und andern Verbrennungsproducten verunreinigte Luft entweicht durch ein an einem höheren Punkte der Laterne angebrachtes 3" weites Abzugsrohr. Es wird auch, im Falle durch Unvorsichtigkeit ein Gashahn nicht geschlossen wird, das ausströmende Gas durch diesen kleinen Schlott entweichen, und nicht die Luft des Krankenzimmers verderben.

Damit bei der Behandlung dieser Gaslampen die grösste Vorsicht gebraucht werde, ist die Einrichtung getroffen, dass der Hahn zum Oeffnen und Schliessen der Gasleitung, nicht in dem betreffenden Krankenzimmer, sondern im Vor- oder Nebenzimmer, in einem kleinen mittels Schlüssel versperrbaren an der Wand eingelassenen eisernen Kästchen sich befindet, daher nur dem Wartepersonale zugängig und eine muthwillige Gebahrung mit dem Gaslichte in den Krankenzimmern nicht leicht möglich ist.

Da für die Krankenzimmer nur ein Nachtlicht mit keiner hellen Flamme gefordert wird, so sind diese Laternen ringsherum mit matt geschliffenen Tafeln geschlossen, damit das Auge des im Bette liegenden Kranken nicht durch den hellen Schein der Flamme beleidiget wird.

Beheizung und Ventilation der Kranken-Anstalt. — Die Beheiznng der grösseren Krankensäle und einiger grösseren Separationszimmer geschieht mittelst Calorifères, deren einer in jedem Krankenzimmer aufgestellt ist und vollständig genügt, um bei einem Luftwechsel von 30—60 Kubik-Meter pro Stunde und Kranken die Temperatur des Saales auf 20° C. und darüber zu erhalten.

Diese Calorifères sind von Gusseisen und nach Construction des Professors Dr. Böhm ausgeführt; sie bestehen aus dem eigentlichen Verbrennungs- und aus dem Transmissions-Apparate. Der Feuerraum ist mit Chamotteziegeln ausgemauert und im vorliegenden Falle für Verbrennung von Coaks nach dem Principe der Füllöfen eingerichtet.

Demgemäss wird das Brennmaterial von oben eingeschüttet und gelangt in dem Masse auf den Rost in welchem der im Brande befindliche Brennstoff verzehrt wird. Bei dieser Einrichtung ist das Nachlegen von Brennstoff nur in Zwischenräumen von mehreren Stunden erforderlich, und eine continuirliche, gleichmässige Beheizung bei vollkommener Ausnützung des Brennstoffes möglich.

Alle Ofenthürchen sind mittels Bügel und Schraube dicht verschliessbar. Die für den Verbrennungsprocess erforderliche Luft gelangt durch ein Ventil in den Ofen, deren Zuströmung durch dasselbe beliebig regulirt werden kann, wodurch eine mehr oder weniger rasche und intensive Verbrennung erzielt wird.

Der gusseiserne Apparat ist mit einem aus Ziegel gemauerten Mantel umgeben, jedoch leicht zugänglich und kann sehr bequem gereinigt werden.

Der Mantel hat an seinem Fusse Oeffnungen, mittels welcher er nach Erforderniss entweder mit dem die frische Luft zuführenden Canale, oder aber mit dem zu beheizenden Raume in Verbindung ge-

setzt werden kann, und ist nach oben offen, um der erwärmten Luft den Austritt zu gestatten.

Die kleineren Separations-, die Wärter- und Badezimmer, so wie die Corridors in der ganzen Krankenanstalt durch alle Stockwerke werden mittelst sogenannter Rippenöfen erwärmt.

Die Rippenöfen sind runde gusseiserne Oefen, an deren Umhüllungsfläche $2\frac{1}{4}$ bis 3 Zoll breite Platten oder Rippen radical angegossen sind, welche nach der ganzen Höhe des Ofens durchlaufen, sehr nahe aneinander stehen und so die Heizfläche des Ofens auf ein Maximum bringen.

Was die innere Construction anbelangt, so sind die Rippenöfen entweder in analoger Weise wie die Calorifères als Füllöfen, also insbesondere für continuirliche Heizung, eingerichtet, oder aber als sogenannte Schachtöfen für discontinuirlichen Betrieb. Der Feuerraum der Rippenöfen ist mit einem Chamottecylinder ausgefüttert.

Die in der Anstalt befindlichen Rippenöfen sind für Coaksfeuerung eingerichtet nnd die Thürchen auch bei diesen Oefen dicht schliessend.

Durch die angegebene Anordnung sind die Rippenöfen, insbesondere die für Coaksfeuerung eingerichteten, frei von den Uebelständen der gewöhnlichen eisernen Oefen; sie belästigen bei einer dem Raum angemessenen Grösse und richtiger Behandlung nicht durch strahlende Wärme, da sie nicht heisser als ein mässig geheizter Thonofen werden sollen; sie bewirken in Folge der raschen Luftströmung zwischen den Rippen, wie die Mantelöfen, eine gleichmässige Erwärmung des Raumes, gestatten aber auch, einen kalten Raum schnell erwärmen zu können, was bei Mantelöfen der Natur der Sache nach nicht so rasch möglich ist. Die Rippenöfen enthalten eine überans grosse Heizfläche, besitzen eine gefällige Form und nehmen dessen ungeachtet einen kleinen Raum ein.

Die Rippenöfen können auch zu Ventilationszwecken benützt werden, wenn rückwärts der Raum zwischen mehreren Rippen durch eine dem Ofencylinder unconcentrische Wand geschlossen und so in einen verticalen Kanal umgewandelt wird, welcher oben offen ist und unten mit einem frische Luft zuführenden Canale in geeignete Verbindung gesetzt werden kann; auf diese Art erwärmt sich die durchstreichende Luft ehe sie in das Zimmer gelangt.

Die Calorifères sind in drei, die Rippenöfen aber in sechs verschiedenen Grössen, im Verhältnisse zu den beheizenden Räumen zur Anwendung gekommen.

Die Ventilation der Krankenräume wird in dieser Anstalt nach dem Principe der Temperaturdifferenzen bewirkt, und wurde für deren Durchführung das System Prof. Böhm's adoptirt, welches in der Gebäranstalt des allgemeinen Krankenhauses zu Wien bereits erprobt worden war.

Bezüglich der Grösse des Luftwechsels wurde die Bedingung gestellt, dass bei einer Temperaturdifferenz von 8—10° pro Stunde und Bett 30 Kub.-Meter als Minimum an frischer Luft den Krankenräumen zugeführt werden sollen. Nach dieser Bestimmung wurden die Querschnitte der Ventilationscanäle berechnet.

Die Luftzuführung in die Räume während des Winters geschieht dnrch Canäle, welche unter den Fussböden der Corridore eingelegt sind, und in jedem Stockwerke für jeden zu ventilirenden Raum die reine Luft aus den Höfen nnd Gärten nach dem Mantelraume des Ofens zuführen, von wo aus sie erwärmt in die Räume eintritt. Am Fusse des Mantels der Colorifères befindet sich eine vertical stehende, um eine verticale Achse sich bewegende Drehklappe, welche je nach ihrer Stellnng entweder der ans den Gärten oder der aus den Krankenzimmern zugeführten Lnft den Eintritt in den Mantelraum behufs deren Erwärmung gestattet.

Es kann demnach entweder durch Zuströmung frischer Luft oder durch Circulation der im Raume befindlichen Luft geheizt werden.

Eine ähnliche Einrichtung, nur einfacherer Art, besteht bei den eisernen Rippenöfen, da wo dieselben durch Luftzuführungs-Canäle mit der freien Atmosphäre in Verbindung gebracht sind. Diess ist in allen Krankenräumen der Fall.

Für die Ableitung der verdorbenen Luft sind Abzugsschläuche angebracht, und zwar einer unmittelbar neben dem Mantelofen, zwei andere an den Stirnseiten der Säle, so dass dieselben an drei von einander entfernten Punkten vertheilt sind.

Diese Evacuationscanäle (Dachcanäle) führen über dem Dache ins Freie, dienen für jedes zu

ventilirende Gemach ganz selbstständig und stehen mit keinem andern Raume in Verbindung, damit jede Vermengung der Luft aus den verschiedenen Krankensälen unmöglich gemacht wird.

Die Dachcanäle haben, über dem Fussboden und unter der Decke, zwei Oeffnungen, welche je nach der Jahreszeit durch einfache Zugklappen geöffnet oder geschlossen werden können; im Innern sind sie mit einer Regulirungsklappe versehen, durch welche man die Grösse des Luftwechsels bei grösserer Temperaturdifferenz beherrscht.

In jenem Zeitraume des Jahres, in welchem nicht geheizt wird, ist die Ventilation durch Canäle und respective Oeffnungen vermittelt und unterstützt, welche in der Hauptmauer des Krankenraumes, und zwar in den Fensterpfeilern, in der ganzen Höhe des Zimmers angebracht sind.

Jeder „Etagencanal" steht in der Höhe des Fussbodens sowohl mit dem Saale, als auch mit der freien Atmosphäre in Verbindung, und communicirt an seinem oberen Ende unter der Decke bloss mit dem Saale. Die Oeffnungen im Saale werden durch Jalousiethüren, die Aussenöffnungen aber mit einem stellbaren Schuber verschlossen. Eine um ihre horizontale Achse drehbare Klappe endlich bewirkt je nach ihrer Stellung entweder den Verschluss der Oeffnung unten am Fussboden, oder, diese zugleich öffnend, jenen des nach oben führenden Canales.

Es kann somit die Luft auf einem oder dem andern dieser Wege, je nach Umständen, in das Zimmer oder aus demselben gelangen.

Die früher beschriebenen Dachcanäle werden das ganze Jahr hindurch für die Ventilation in Anspruch genommen.

Damit jedoch weder absichtlich oder unabsichtlich, noch durch Muthwille, Neugierde oder Unverstand die richtige Stellung der Vorrichtungen verändert und eine Störung oder Unterbrechung der Ventilation herbeigeführt werden könne, so sind in geeigneter Weise kleine Schlösser angebracht, durch welche man die jeweilig erforderliche Stellung fixiren und der Handhabung Unberufener entziehen kann.

Um den Gang und die Grösse der Ventilation ersichtlich zu machen und zu controliren, so wie um die Vorrichtungen entsprechend handhaben zu können, sind n die Dach- und Etagenkanäle neu construirte anemometrische Indicatoren eingesetzt. Es sind dies sehr empfindliche, aber einfache und nicht leicht in Unordnung gerathende Apparate, welche die Bewegung der Luftströmung den im Innern des Canals befindlichen Windflügeln mittheilen, und mittels eines Zeigers an einem an der Wand des Saales angebrachten Gradbogen ersichtlich machen.

Die Ventilationscanäle sind voneinander vollkommen isolirt, so dass von keinem Saale oder Krankenzimmer die Luft nach einem andern übergeführt werden oder von einem Stockwerke zum andern gelangen kann.

Zur Unterstützung des Luftwechsels in den Krankensälen während der milden Jahreszeit, wenn eine Temperaturdifferenz für kurze Zeit gar nicht oder nur in sehr geringem Masse vorhanden ist, so wie zur Ventilation der Separationszimmer, Nebenräume und Gänge sind die schon früher erwähnten Lüftungsflügel an sämmtlichen Fenstern der Anstalt angebracht.

II. Das Gebäude der Oekonomie und der provisorischen Capelle.

Die beiden Haupttheile der Krankenanstalt, nämlich die Abtheilung für Männer und die für Frauen, vereinigen sich in dem an der Westseite dem Haupteingange gegenüberliegenden Oekonomiegebäude, in welchem der gegen den grossen Hof liegende Corridor die Verbindung der Krankenanstalt mit diesem Gebäude in allen Stockwerken bildet. Diese Verbindung wird durch zwei Thüren so hergestellt oder abgeschlossen, dass die Kranken diese Partie nie betreten können, während sie nur den Beamten und dem Dienstpersonale den Zutritt dahin gestattet.

Dieses Gebäude hat die Stockwerkshöhen, übereinstimmend mit jenen der Krankenanstalt, nur enthält es unter dem im selben Niveau des Sonterrains der Krankenanstalt durchgeführten Geschosse noch einen Keller zur Aufbewahrung der Vorräthe für die Proviantirung der Anstalt, des Brennmateriales für die Küche und die grossen Eisgruben für den Traiteur und den Hausgebrauch.

In structiver Beziehung ist dieses Gebäude einfacher durchgeführt als die Krankenanstalt selbst.

Das Souterrain-Geschoss ist durchgehends, im ebenerdigen Geschosse aber nur die grosse Küche auf eiser-

nen Trägern, die beiden angrenzenden Gemächer jedoch tonnenförmig eingewölbt. Die übrigen Räume und Gänge daselbst sowie jene im ersten nnd zweiten Stockwerke sind mit hölzernen Decken versehen.

Die Fussböden sind aus weichem Holze; die beiden Stiegen, deren jede im Lichten 6 Fuss breit ist, haben steinerne Stufen, mit Ziegel gemauerte Pfeiler und gewölbte Stiegenruheplätze.

In Bezug auf die Bestimmung und Einrichtung der Räumlichkeiten des Kellers dieses Gebäudes, so ist dieselbe bereits bezeichnet.

Das Souterrain-Geschoss hat in dem die beiden Seiten des Anstaltsgebäudes verbindenden Gange den durchlaufenden Schienenstrang, welcher dieses Gebäude in die Bahnverbindung einbezieht, wodurch dieselbe in ihrem ganzen Umfange hergestellt wird.

Der Lichthof *n* mit einer Breite von 24 Fuss und einer Länge von 48 Fuss hat seine Sohle 1 Fuss unter dem Niveau dieses Geschosses und bildet das Maschinenhaus für die Dampfmaschine, wesshalb derselbe in der Höhe des ebenerdigen Geschosses mit einem Dache geschlossen wurde, dessen Flächen grösstentheils mit Glastafeln eingedeckt sind, um die gehörige Beleuchtung dieses Raumes zu gestatten.

In diesem Maschinenhause liegt der grosse 10 Fuss weite Brunnen, der das nothwendige Trinkwasser für die Reservoirs am Dachboden liefert; dasselbe wird mittels einer Dampfpumpe geschöpft und in die Reservoirs gehoben. In demselben Raume ist nebst dieser Pumpe eine zweite aufgestellt, welche das erforderliche Nutzwasser in getrennte Reservoirs für die Bäder, Aborte und zum Waschen fördert.

Damit in Verbindung steht der in der Ecke des Hofes placirte Dampfkessel für die Maschine, welcher zugleich den Dampf für die Bäder abgibt.

Die übrigen Localitäten des Souterrain-Geschosses dienen theils als Wohnnngen für den Maschinisten und einiger Dienstleute des Traiteurs theils zur Aufbewahrung von Speisevorräthen und zn Handlaboratorien für die Küche. Im ebenerdigen Geschosse liegt der grosse Küchenraum *o*, woselbst in zwei Gruppen die Herde für fünf Kochkessel zum Bereiten der Gemüse und für Suppe und Fleisch angelegt sind. In der Mitte des Raumes von allen Seiten frei steht der grosse Kochherd, der mit zwei Feuerungen an den schmälern Seiten eingerichtet ist und sich in zwei geschiedene Herde trennt, damit bei geringerem Bedarfe nicht der ganze Herd geheizt zu werden braucht.

An beiden Längenseiten befinden sich die Brat- und Wärmeröhren und auf der oberen Fläche für das Kochen bei offenem Feuer Gussplatten mit Einsatzringen.

Der Rauchabzug dieses grossen Herdes ist unter dem Fussboden der Küche angelegt und hat eine geringe Steigung in zwei Richtungen nach den beiden Stirnmauern der Küche zu, in welchen die verticalen Schornsteine über das Dach führen.

Die sämmtlichen Herde sind mit selbstständiger Feuerung für Holz und Kohle eingerichtet.

In der Küche befinden sich zwei von der allgemeinen Wasserleitung gespeiste Wasserausläufe mit Muscheln und einem Wasserkrahne zur Füllung der Kessel.

In diesem Küchenraume sind Luftzuführungscanäle von Seite der Mittelmauer und in den Fenstern angelegt, und zwar in der Weise, dass die Luft entweder im Niveau des Fussbodens oder in der Höhe der Decke eintreten kann. Die Luft-Abzugskanäle befinden sich neben den Rauchschlötten in der Mittelmauer und den beiden Stirnmauern der Küche.

Der Raum *p* soll zur Aufbewahrung eines Theiles der Küchengeschirre und zur Bereitung der Mehlspeisen dienen.

Links an der grossen Küche in *q* ist der Spülraum zur Reinigung der Geschirre mit dem grossen steinernen Waschgrand, mit zwei Wasserausläufen und den nothwendigen in dem mit Steinplatten gepflasterten Fussboden befindlichen Wasser-Abzugsrinnen.

Das Locale *r* wird zur Reinigung der Gemüse benutzt, ist daher ebenfalls mit Steinplatten gepflastert, jenes mit *s* bezeichnete dient für die Ausspeisung der Hausdienerschaft.

Die beiden Magazine *t* dienen zur Aufbewahrung von Brot, Mehl und einigen Victualien.

Die beiden Stiegen dieses Gebäudes, rechts und links von der grossen Küche, enthalten zwischen den gemauerten Pfeilern je einen Aufzug mit denselben früher beschriebenen Einrichtungen. Diese Aufzüge bewirken den Transport vom Souterrain bis ins zweite Stockwerk und sind lediglich für den Dienst der Küche bestimmt, damit die Speisen gleich von hier aus für die Männer- nnd Franen-Abtheilungen in das erste und

zweite Stockwerk befördert, und dann in den Gängen nach den einzelnen Abtheilungen getragen werden können.

Im ersten Stockwerke sind die Locale *u* zur Aufnahme und Instandhaltung der reinen Wäsche bestimmt, die übrigen Räume *o* bilden Naturalwohnungen für zwei Beamte der Verwaltung.

Der grosse Saal *w* des zweiten Stockwerkes wurde als provisorische Hauscapelle eingerichtet, an deren Seite w_1 die Sakristei und Paramentenkammer liegt.

Späteren Bestimmungen nach sind die Räume *y* für Blattern-Erkrankte umgestaltet worden, und zwar correspondirend mit den in der Nähe befindlichen Abtheilungen für Männer und Frauen.

Dieses Gebäude nimmt die sämmtlichen Bedürfnissräume für die Küche und die Wäsche in sich auf; aus diesem Grunde erhielt es drei getrennte Ausgänge, nämlich in dem Spüllocale der Küche und in den beiden Stiegenhäusern nach dem zunächst gelegenen Hofe, der auf einen Theil der Länge des Gebäudes abgeschlossen ist und lediglich nur den Zwecken der Oekonomie dient. Die Zufahrt zu diesem Hofe und Gebäude findet durch das Einfahrtsthor nächst dem Gebäude V statt, so dass die ganze Manipulation und Gebahrung der Oekonomie getrennt von der eigentlichen Krankenanstalt geschicht, ohne mit dieser in Berührung zu kommen.

Die Beleuchtung dieses Gebäudes geschieht im Souterrain, dem Maschinenhause, den Corridors und Stiegen der Stockwerke und in den Küchenlocalitäten mit Gas.

Die Beheizung der Wäschlocale, Capellenräume und der Wohnungen ist mit Guss- und Thonöfen als Einzelnheizungen eingerichtet.

Der Dacherker-Aufbau dieses Gebäudes an der Façade im grossen Hofe gegenüber dem Haupteingange enthält die Hausuhr, deren Schlagwerk stark genug ist, um allenthalben in der Anstalt gehört zu werden.

III. Das Administrationsgebäude.

In der ersten Conception des Projectes war schon der Gedanke ausgesprochen, dieses Gebäude, welches zumeist Wohnungen für die Aerzte und Beamten in sich schliesst, in der Weise zu situiren, dass der Zugan[g] für die Bewohner desselben direct von der Strasse statt finde, ohne dass der Eintretende die eigentliche Kran[ken]anstalt betreten muss. Demnach sind auch die Woh[nungen] von dieser getrennt, damit Gefahren und In[convenienzen] für die im Hause wohnenden Beamten Aerzte und deren Familien vermieden werden. Das Ge[bäude] wurde daher an die Rudolfgasse gelegt und ha[t] dort den bezüglichen Eingang mit dem Vestibule 1.

Der Corridor 2 stellt, zur Benützung im Dienste die Verbindung mit der Krankenanstalt her und zwa[r] im Souterrain, zu ebenerErde und im ersten Stock[e]. Der Bau wurde in dem Charakter eines gewöhnliche[n] Wohnhauses durchgeführt und enthält, bei Einhaltun[g] der Gesimshöhe der Gebäude der Krankenanstalt, übe[r] dem ebenerdigen Geschosse noch drei Stockwerke da solche Höhen, wie sie die Krankenräume besit[zen], für normale Wohnräume Unzukömmlichkeiten erzeugen würden; es sind demnach Geschosshöhe von 12 Fus und 11 Fuss dafür angenommen.

Das ebenerdige Geschoss wurde 1 Fuss höhe[r] über das Trottoir herausgebaut als jenes der Kranken[anstalt], um dem Souterrain-Geschosse noch mehr Luf[t] und Licht zu geben. Unter dem Souterrain-Geschoss befindet sich in der ganzen Ausdehnung des Gebäude[s] noch ein Kellergeschoss.

Die ebenerdigen Localitäten sind durchgehend gewölbt, während die Decken des ersten, zweiten un[d] dritten Stockwerkes aus Sturz- und Dippelböden b[e]stehen.

Eine freitragende Treppe, 6 Fuss breit, führt [z]u den Stockwerken. Die Fussböden sind theils französische Friesböden aus Eichen- oder Fichtenholze, thei[ls] Parquetten.

In jedem Stockwerke ist ein Wasserauslauf m[it] einer Muschel angebracht; die Aborte sind in d[en] Stockwerken nach Art der englischen Water-Cl[o]sets eingerichtet.

Das Kellergeschoss ist für Holzlagen zum G[e]brauche der einzelnen Parteien dieses Hauses [ge]theilt.

Im Souterrain sind Wohnungen für sechs Ha[us]diener, bestehend aus Küche und Zimmer oder au[ch] noch einer Kammer, untergebracht.

Das ebenerdige Geschoss enthält in den Loca[len] 3 die Verwaltungskanzlei, im Raume 4 die Apothe[ke]

Da für die Anstalt nur ein Dispensirlocale mit einem Handlaboratorium erforderlich ist, so wurden die unter der Apotheke befindlichen und mit dieser durch eine Lauftreppe in Verbindung stehenden Räumlichkeiten im Souterrain als Handlaboratorium mit den nothwendigen Kochherden und Destillirapparaten und als Depôt eingerichtet. Diese beiden Räume werden ebenfalls von der allgemeinen Leitung mit Wasser versorgt.

Die Hausmeisterwohnung 5, die Zimmer für das Apothekerpersonale 6 und endlich die Wohnung des Gärtners 7 nehmen den übrigen Theil des ebenerdigen Geschosses ein.

Im ersten Stockwerke befindet sich die Directionskanzlei 8 und unmittelbar daranstossend die Wohnung des Directors 9. Die Wohnung 10 ist für einen im Hause wohnenden Primar-Chirurgen bestimmt.

Im zweiten Stocke ist die Wohnung des Verwalters 11 und der beiden Seelsorger 12, deren jedem ein Vorzimmer und zwei Wohnzimmer zugetheilt sind. Die übrigen einzelnen Zimmer dieses und des dritten Stockwerkes 13 haben die Bestimmung, als Wohnungen für Secundarärzte zu dienen.

Schliesslich muss noch erwähnt werden, dass unter dem Dachraume ein grosses Depôt für Kräuter zu Diensten des Apothekers angeordnet ist.

Die Beheizung sämmtlicher Räume in diesem Gebäude geschieht durch Guss- oder Thonöfen mit Einzelnheizungen.

IV. Das Leichengebäude.

Bei der ausserordentlichen Beschränktheit des Baugrundes war es eine grosse Schwierigkeit, dieses Gebäude in der Weise zu disponiren, dass allen Bedingungen Rechnung getragen werde, und es ward versucht wenigstens jene zu erfüllen, welche für die Krankenanstalt die massgebendsten waren; nämlich die Leichen auf dem kürzesten Wege aus derselben wegzuschaffen und das Gebäude so zu orientiren, dass die herrschenden Luftströmungen die sich entwickelnden Miasmen nicht in den Bereich des Spitals führen, sondern von demselben ableiten.

Es wurde dazu der äusserste Endpunct des Bauplatzes an der Boerhavegasse bestimmt, durch welche man nach dem Rennwege und auf den Friedhof gelangt.

Die geringe Breite, welche zwischen dem Leichenhause und der Anstalt an dieser Stelle sich ergibt, war bestimmend, als Grundform ein längliches Viereck mit einer möglichst geringen Tiefe zu wählen, um dem Krankenhause so ferne als möglich zu bleiben.

Das Gebäude, welches nicht für den Zweck des Unterrichtes oder zu gerichtlichen Proceduren bestimmt ist, umfasst daher in seinen beiden Geschossen, dem Souterrain und dem Erdgeschosse, nur die nothwendigsten Räume. Die Leichen werden, wie schon früher erwähnt, im Souterrain auf Bahnwagen nach dem Leichenhause transportirt und kommen dann in den Raum 14 zur Beisetzung, um unter Ueberwachung des im Leichenwächter-Zimmer 15 wohnenden Dieners zu bleiben.

Jene Leichen, welche nicht zur Section bestimmt sind, werden in den Localen 16 bis zur Beerdigung aufbewahrt. Zunächst diesem Raume befindet sich in 17 eine kleine Eisgrube, um die Umgebung zu kühlen. In 18 ist das Depôt für vorräthige Särge.

Anstossend an die kleine, nur zum Gebrauche des Dienstpersonales angelegte Lauftreppe, befindet sich ein Aufzug, mittels welchem jene Leichen, welche zur Section, oder zur Beerdigung kommen sollen, in das ebenerdige Geschoss geschafft werden.

Die Leiche wird durch den nach der Länge des Gebäudes gelegten Gang entweder nach dem Secirsaale 19, oder nach dem Aufbahrlocale 20 gebracht.

An dem Secirsaale befinden sich das Macerationslocale und über einer kleinen Wendeltreppe am Dache die Terrasse für die Knochenbleiche.

Die beiden Gemächer 21 dienen als Arbeitszimmer und Museen für den Prosector, und die aus Zimmer und Küche bestehende Wohnung 22 ist für den Secirdiener bestimmt.

Unmittelbar mit den Eingängen nach der Strassenseite gerichtet, liegt das Aufbahrlocale 20 und die Leichencapelle 23, wohin das Publicum gelangen kann, ohne eigentlich das Leichenhaus oder die Krankenanstalt betreten zu müssen.

An die Capelle schliesst sich noch ein kleiner Raum 24 als Sakristei an; für das Personale der Anstalt dient, um in dieses Gebäude zu gelangen, der Eingang 25.

Was die structiven Anordnungen und Einrichtungen betrifft, so ist erwähnenswerth, dass die

sämmtlichen Localitäten des Souterrains mit hydraulischem Mörtel verputzt sind, um die Mauern trocken zu erhalten. Die Fussböden in den Beisetz- und Aufbahrlocalen sind aus Steinplatten in hydraulischem Mörtel gelegt. Diese Locale haben Wasserausläufe der Wasserleitung.

Der Secirsaal und das Macerationslocale sind mit Kehlheimerplatten gepflastert und haben mit Eisenplatten gedeckte Wasserabläufe, um dem Wasser, welches bei der Reinigung verschüttet wird, einen schnellen Abfluss zu gewähren; auch in diesen Räumen, so wie in den Arbeitszimmern, sind Wasserauslaufventile angebracht.

Die sämmtlichen Räume dieses Gebäudes sind mit Gasflammen versehen.

In den Räumen, wo die Leichen deponirt und secirt werden, ist für die nothwendige Ventilation gesorgt.

V. Depôtgebäude.

Diese Gebäude, welche den Zweck haben die Feuerlösch-Requisiten des Hauses, einige andere nothwendige derlei Objecte, und endlich das Material für die Füllung und Auswechslung der Strohsäcke aufzunehmen, sowie Raum für diese Manipulation zu bieten, bestehen aus dem kleinen Tracte 26, welcher im ersten Stocke gegen die Strasse die Wohnung eines Beamten der Anstalt enthält, und zu ebener Erde theils als Wagen- und Requisitendepôt, theils als Magazin für die neuen Strohvorräthe dient, und aus dem offenen Schoppen 28 für die Deponirung des unbrauchbar gewordenen Strohes und anderer nicht mehr verwendeter Materialen. Dazwischen liegt ein kleiner eingezäunter Hof 27 mit der Düngergrube.

In Bezug auf die allgemeinen Anlagen wäre noch zu erwähnen, dass alle freien Plätze innerhalb der Grenzen der Krankenanstalt und zwischen den einzelnen Gebäudeflügeln allenthalben durch Bepflanzung mit Rasen, Bäumen und Gesträuchen in Gartenanlagen verwandelt wurden, in welchen eiserne Sitzbänke in hinreichender Anzahl aufgestellt sind, um den Kranken bei günstigem Wetter als Erholungsplätze zu dienen, und den Charakter der ganzen Anlage, so wie die Aussicht von den Fenstern für die Kranken freundlich zu gestalten.

Es bestehen zunächst den Hauptstiegen der Anstalt für jeden Flügel allein, oder für je zwei derselben gemeinschaftlich im ebenerdigen Geschosse die Ausgänge nach diesen Gärten, so dass auch in dieser Richtung eine Trennung der Gartenanlagen möglich wäre, wenn ein Theil der Anstalt von den übrigen ausser Communication gesetzt werden sollte.

Für den Zweck der Erhaltung der Gärten ist in der Richtung der Depôtgebäude ein kleines Glashaus mit einer Treibkiste bei VI. angelegt, und zur Bewässerung derselben bestehen zwei Wasserbassins im grossen Hofe und ein solches in der Nähe des Glashauses.

Alimentation mit Wasser. — Für die Versorgung der einzelnen Theile dieser Anstalt mit dem nothwendigen Nutz- und Trinkwasser für die Wannen- und Douchebäder, zum Waschen, zur Versorgung der Waterclosets und Pissoirs, und endlich für das Bedürfniss der Küche, sind auf den Dachböden der Krankenanstalt und des Oekonomiegebäudes 19 Reservoirs mit einem Gesammtinhalte von 4000 Kub.-Fuss aufgestellt, und zwar 17 auf den Dachböden der Krankenanstalt mit 3700 Kubikfuss und zwei über dem Oekonomiegebäude mit 300 Kubikfuss für den Bedarf der Küche und der Aborte in diesem Gebäude. Zur Füllung dieser Reservoirs dienen, wie schon früher erwähnt, in dem Lichthofe des Oekonomiegebäudes, zwei Wasserhebmaschinen in Verbindung mit einem Dampfkessel auf 4 Atmosphären Druck, deren Wirkung eine solche ist, dass sie in 10 Arbeitsstunden das Quantum von 4100 Kubik-Fuss auf eine Höhe von 172 Fuss in die Reservoirs zu heben im Stande sind.

Das Wasser wird durch 3 Steigrohre, von denen zwei in den letzten Pavillons, wo die Bäder sich befinden, und eines im Oekonomiegebäudes angebracht sind, aufwärts geleitet und füllt die Reservoirs.

Die Reservoirs sind aus genieteten Eisenplatten construirt, mit Einsteiglöchern und Deckeln zum Schliessen versehen, von allen Seiten angestrichen und haben $3\frac{1}{2}$ Fuss Höhe, 9 Fuss Länge und 5 bis $8\frac{1}{2}$ Fuss Breite.

Jedes derselben steht über einer Zinktasse mit aufwärts gebogenem Rande, damit das bei vorkommendem Falle eines Leckes oder sonstigen Mangels an den Reservoirs entweichende Wasser nicht auf d

Dachbodenpflaster und die darunter befindlichen Gewölbe gelangen kann; sie sind mit einer Schwimmervorrichtung versehen. Das Ueberfallswasser wird in die Abortschläuche geleitet.

Die einzelnen Gruppen dieser Reservoirs ruhen auf eisernen Traversen, welche ihre Auflager auf den Haupt- und Mittelmauern haben, so dass weder die darunter befindlichen Gewölbe noch die Dachstühle in Anspruch genommen werden, und die Reservoirs im Fall eines Dachbrandes ganz unabhängig von letzteren sind.

Die Reservoirs der kalten Wasserleitung sind mit Holzkästen von doppelten, im Innern mit Sägespänen ausgefüllten Wandungen ganz umschlossen und eingehüllt.

Die sämmtlichen Rohrleitungen am Dachboden, welche die einzelnen Reservoirs verbinden, und zu den Leitungslinien der Ausläufe in den verschiedenen Geschossen führen, liegen durchgehends in hölzernen mit Sägespänen ganz ausgefüllten Kästen mit versperrbaren Deckeln, damit sie vor Beschädigungen und dem Einfrieren geschützt werden.

Da sowohl die Gänge als auch die sonstigen Nebenräume der ganzen Anstalt im Winter heizbar sind und daher die Gefahr des Einfrierens der Leitungsrohre nicht zu besorgen ist, wurden die eisernen Rohre, welche das Wasser zu den Ausläufen, den Bädern, Muscheln und Aborten führen, wie auch die Abfallrohre von diesen einzelnen Objecten in den Mauerschlitzen, in welche sie versenkt sind, nicht verdeckt, sondern überall zur Beobachtung sichtbar gelassen, um jeden sich ergebenden Mangel allsogleich zu entdecken, und jeder Gefährdung des Mauerwerkes und der Gewölbe vorzubeugen.

An jenen Stellen, wo die Rohrleitungen die Fussböden und Decken der einzelnen Geschosse durchstossen, sind hermetische Abschlüsse eingesetzt, um die Communication der Luft aus den verschiedenen Stockwerken zu verhindern und das Durchdringen des Tones unmöglich zu machen.

Das Administrationsgebäude besitzt kein selbstständiges Reservoir, sondern die in diesem Objecte angebrachten Ausläufe werden durch ein Rohr, welches aus der Krankenanstalt über den Dachboden des Verbindungsganges geleitet ist, mit Wasser versorgt.

Die im Souterrain angebrachten 4 Manometer verdienen hier noch erwähnt zu werden; zwei davon sind in den rückwärtigen Flügeln der Krankenanstalt in der Nähe der Steigrohre und zwei im Maschinenhause selbst, in Communication mit den Reservoirs des Oekonomiegebäudes angebracht, um dem Maschinisten zu jeder Zeit den Wasserstand in den Reservoirs auf den Dachböden anzuzeigen.

Die Speisung der Reservoirs geschieht nicht allein von dem im Maschinenhause angelegten grossen Brunnen, sondern auch von einer eigenen Wasserleitung, welche vom Wiener-Neustädter-Kanal in die Krankenanstalt führt; dieses Wasser wird durch 2 Filter gereinigt und speist auch die 3 in den Gärten angelegten Bassins für die Pflege der Gartenanlagen.

Ueberdies bestehen in den Gärten und Höfen der Anstalt, an verschiedenen Puncten vertheilt, 6 Hausbrunnen, welche grösstentheils gutes trinkbares Wasser geben.

Die Warm-Wasserleitung wird durch vier Kessel gespeist, welche im Souterrain der Krankenanstalt vertheilt angelegt sind, und aus den Reservoirs auf den Dachböden mit kaltem Wasser versorgt werden.

Die Röhrenleitungen führen von den Kesseln im Niveau des Souterrain-Pflasters bis zu den verschiedenen Flügeln und von dort nach aufwärts bis zu den Ausläufen der Bäder und Muscheln.

Die horizontalen Röhrenleitungen liegen in gemauerten Canälen unter der Sohle des Souterrain-Pflasters ganz in Sägespänen eingehüllt und im Niveau des Ziegelpflasters mit eisernen Platten zugedeckt.

Die verticalen Steigrohre, so weit sie die kühlen im Winter ungeheizten Souterrain-Räume berühren, wurden sehr dicht mit Seegras umwickelt, um die Abkühlung des Wassers zu verhindern, während in den oberen Stockwerken diese Rohre wie jene für kaltes Wasser in den Mauerschlitzen frei liegen. Ganz in derselben Weise sind auch die Dampfrohre behandelt, welche den Dampf aus dem Maschinenhause zu den Dampfbädern führen.

Ueber die Canalisirung des Platzes. — In der Rudolfsgasse war bereits ein Hauptcanal mit hinreichendem Gefälle vorhanden, in diesen wurde der neue in der Boerhavegasse längs der ganzen Krankenanstalt bis zur Einmündung in der Rudolfsgasse

erbaute Hauptcanal, der, entsprechend dem bedeutenden Gefälle dieser neuen Gasse, sehr günstige Verhältnisse hat, eingeleitet.

In diese beiden Hauptlinien wurden die sämmtlichen Abzugscanäle der Anstalt, sowie auch sämmtliche Wasserabläufe aus den Höfen und Gärten mit den günstigsten Gefällen geführt.

An allen Punkten, wo die Abzugscanäle aus den Gebäuden heraustretend die Grenze der Hauptmauer überschreiten, sind Wasser-Sperrvorrichtungen angelegt, um das Eindringen der Canal-Atmosphäre in die Canäle unter den Gebäuden und die Abortschlötte so wie in die Höfe und Gärten zu verhindern, und es wird bei hinreichenden Quantitäten Wassers, welche allenthalben für die Bedürfnisse des Hauses angenommen sind und welche die Abzugscanäle fortwährend bespülen, sich nicht leicht ein Anstand oder eine üble Folge aus diesem Canalisirungsnetze ergeben.

Wie Eingangs erwähnt, hat der Bau dieser ganzen Anstalt 4½ Jahre zur Vollendung bedurft, bei dem nicht weniger als 41 Unternehmer und Lieferanten thätig waren. Die Totalkosten des ganzen Baues sammt Planirung des Platzes, Herstellung der Strassen-, Trottoir- und Gartenanlagen beliefen sich auf 2.511,086 fl. 58 kr. ö. W. Hievon entfallen für

Maurerarbeit	1.087,088 fl.	59½	kr.
Weisskalklieferung	98,537 „	61½	„
Lieferung des hydraulischen Kalkes	70,944 „	4	„
Portland-Cement	218 „	22	„
Steinmetzarbeit	393,984 „	18	„
Zimmermannsarbeit . . .	81,990 „	8	„
Fuhrmannsleistung	1.605 „	57	„
Schieferdeckerarbeit . . .	38.722 „	91	„
Spänglerarbeit	22,890 „	69	„
Tischlerarbeit	204,609 „	82½	„
Schlosserarbeit	157.283 „	7	„
Constructionseisen	141,918 „	18	„
Glaserarbeit	13,042 „	44	„
Anstreicherarbeit	17,107 „	98	„
Water-Closets-Herstellung .	5,955 „	85	„
Bildhauerarbeit	31,068 „	35	„
Pflasterarbeit	15.585 „	68	„
Hafnerarbeit	3,263 „	80	„
Gitterstrickerarbeit	219 fl.	94	k
Wasserleitung und Maschinenlieferung	80,964 „	63	
Tapeziererarbeit	9 „	—	
Mechanikerlieferung	2,150 „	—	
Zimmermalerarbeit	988 „	—	
Wagnerarbeit	32 „	—	
Gasbeleuchtungsgegenstände .	12 „	—	
Thurmuhrarbeit	555 „	60	
Gasleitungs-Herstellungen . .	13,671 „	5	
Steingraveur	600 „	—	
Brunnenarbeit	4,161 „	93	
Feuerfeste Ofenfütterung . .	138 „	85	
Guss-Oefenlieferung	21,522 „	49	
Zinkgusslieferung	420 „	—	
Gärten, an Baumpflanzen und Samen	1,522 „	75	
Vergolderarbeit	180 „	—	
Kanzleiauslagen	3,022 „	20½	

Die hier angeführten Summen betreffen die v
ständigen Bauherstellungen sammt Gasleitung, W
serleitung, Beheizung und Ventilation, während
Kosten der innern Einrichtung dieser Anstalt mit
Möbeln, der Wäsche, den Kücheneinrichtungen,
strumenten und übrigen Requisiten und Appar
sich auf 200,000 fl. ö. W. belaufen, so dass die
ständige Herstellung dieses Krankenhauses eine
tensumme von 2.711,086 fl. 58 kr. ö. W. in Ansp
genommen hat.

Die feierliche Schlusssteinlegung dieses I
wurde am 13. December 1864 durch Se. k. k. a
Majestät dem Kaiser, Ihrer Majestät der Kaiserin
Sr. k. k. Hoheit des durchlauchtigsten Kronpr
Erzherzog Rudolf, in Gegenwart des Hofstaates
hochwürdigsten Cardinal-Erzbischofes und der
denträger des Reiches in der festlich geschmü
Halle vollzogen. Eine im Fussboden der rechten
im Mittel der beiden Stiegenaufgänge eingesetzte
platte bezeichnet die Stelle, wo dieser feierlich
stattfand.

Mit Anfang des Monates Februar 1865 wurd
ses Gebäude seiner Bestimmung als Heilanstalt
geben und der Aufnahme von Kranken eröffn

Wien, am 21. August 1865.

Der Winterpalast in Dublin.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 9 bis 11)

Dieses Gebäude ist in der Stadt Dublin erbaut und wurde im Mai 1865 für die internationale Ausstellung für Künste und Manafacturen eröffnet. Später soll es in einen Unterhaltungsort mit Lese- und Concerthallen nebst Wintergarten, ein Theil davon aber in einen permanenten Ausstellungspalast umgewandelt werden.

Das Gebäude besteht so zu sagen aus zwei verschiedenen Theilen, wie solches aus Fig. 1 Blatt 9 ersichtlich ist, nämlich aus demjenigen Theile, der aus Ziegeln und Stein erbaut ist und einen Concertsaal. Erfrischungsräume etc. enthält, und jenem, der aus Eisen besteht und theils zum Wintergarten, theils zur permanenten Ausstellung bestimmt ist.

Die allgemeinen Dimensionen und Umrisse des Baues sind aus den Zeichnungen zu ersehen. Die Spannweite des Hauptdaches von den Mittelpunkten der einen Säulenreihe zu jenen der andern beträgt 50 Fuss 6 Zoll, während die Entfernungen der Galerien 16 Fuss 10 Zoll und 33 Fuss 8 Zoll betragen.

Die Säulen und Träger sind aus Gusseisen, die Rippen des Hauptdaches aus Schmiedeeisen, die Galerieböden aus Bauholz mit schmiedeisernen Trägern, die Einschliessung besteht aus Holzrahmen und Glas während die Plinthen unter den Fenstern aus gerippten galvanisirten Eisen bestehen.

Der für den Wintergarten bestimmte Theil des Gebäudes, welcher eine Breite von 84 Fuss hat, ist mit Glas in hölzernen Oberlicht-Rahmen gedeckt, die Querbalken (Fig. 1 Blatt 9) bestehen aus Gusseisen und die Oeffnungen in denselben sind mit Glastafeln ausgefüllt.

Derjenige Theil des Gebäudes, welcher für die permanente Ausstellung bestimmt ist, hat eine Breite von 117 Fuss 11 Zoll und ist theils mit Glas gedeckt, theils mit Zink, das auf Holzwalzen ruht; die Seiteneinfassung dieses Theiles besteht vorherrschend aus galvanisirtem Eisen.

Das Neue bei diesem Baue besteht hauptsächlich in den Mitteln, welche angewendet wurden, um dem Drucke des Hauptdaches zu widerstehen, dessen Tiefe in der Mitte nur 1 Fuss 6 Zoll beträgt, wodurch es in Wirklichkeit zu einem Bogen wird, welcher Widerlager erheischt. In ähnlichen Fällen wurden senkrechte Diagonalbinder angewandt; zum Beispiel bei dem Weltausstellungsgebäude im Jahre 1862, ebenso bei dem grossen Conservatorium in den Horticulturgärten zu Kensington.

Gegen diese Methode des Bindens (bracing) jedoch wurden Einwendungen erhoben und die Ingenieure ersannen in diesem Falle gewisse Vorrichtungen, welche sich als zweckmässig erwiesen und zugleich ökonomisch sind. Dort, wo die Rippen des Hauptdaches beginnen, zeigt der Querschnitt Fig. 5 und die halbe Erhebung Fig. 6 durchbrochene Strebepfeiler aus Gusseisen, welche zu den gewölbten Dacharchitraven über die Galerien hinabgeführt werden. Diese gewölbten Architrave, welche in zwei Stücken gegossen und in der Mitte fest verbunden sind, werden an dem oberen Theil mit Bolzen und an dem unteren Theile mit gusseisernen Schliessen an die Säulen befestigt, wobei die Ständer und verschiedenen Verbindungen genau darauf berechnet sind, dass sie dem Druck der Rippen des Hauptdaches widerstehen.

Unter den Galerieböden sind offene Träger, welche mit starken Trägern (brackets) an jedem Ende gegossen sind; die letzteren haben den Zweck, die Hebelwirkung (leverage) auf die Säulen zu vermindern, wie dies bei der gewölbten Form der Dacharchitraven der der Fall ist. Sie sind mit Bolzen fest an die Säulen befestigt.

Um die Widerlager zu vervollständigen, werden die Grundflächen der beiden correspondirenden Säulen an einen Bindebalken gebolzt, welcher die Lagerplatte bildet (wie solches aus Fig. 2 Blatt 9 ersichtlich ist) und unterhalb der Säulen auf gerippten Pfeilern ruht.

Die Galerieböden sind auf eine neue Art in die Höhe gebunden, denn anstatt dass die in die Höhe gebundenen Balken von den Architraven unterstützt sind, wodurch die Last von diesen auf die Säulen übertragen wird, werden die Aufzugsruthen in diagonaler

Richtung und direkt zu den Säulen geführt. Durch diese Einrichtung wird jener Metalltheil erspart, welcher in den Architraven erforderlich wäre, um die Last auf die Säulen zu übertragen; auch wird eine horizontale Bindung gegeben.

Herr A. G. Jones von Dublin ist der Architekt des Gebäudes, die Herren Ordish und Le Feuvre aus Londen sind die Ingenieure, die Herren Beardwood & Sohn aus Dublin waren die General-Unternehmer und die Gebrüder Benkin aus Liverpool lieferten das gesammte Eisenwerk und stellten es auf.

Beitrag zu der Theorie über Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen.

Bei der Projectirung von Ent- und Bewässerungsanlagen, bei der Bestimmung der Durchflussweiten für Brücken ist es von Wichtigkeit, diejenige Geschwindigkeit des Wassers zu ermitteln, welche die Grenze für die Fortbewegung des Materials des Flussbetts bildet; nach den Lehrbüchern über Wasserbau, Brückenbau u. s. w. wird zufolge der Beobachtungen von Duhuat grober Sand bei 0,108 Meter Geschwindigkeit am Grundbett, nach Umpfenback körniger Sand bei 0,417 und feiner Sand bei 0,314 Meter Geschwindigkeit an der Oberfläche mit fortgerissen. In der Praxis findet man es aber nicht bedenklich eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 2 — 3 Fuss anzunehmen. Bei den im Lüneburg'schen ausgeführten Canal- und Regulirungsarbeiten hat sich in dem Sandboden der norddeutschen Ebene eine derartige Geschwindigkeit als zulässig erwiesen; von dem mit der Aufsicht über die Bewässerungsanlagen der Campine betrauten Ingenieur Keelhoff sind vielfache Versuche über die zulässige Geschwindigkeit des Wassers in dem Sandboden der Campine angestellt und hat sich ergeben, dass erst bei einer Ueberschreitung von 0,88 Meter oder 3,01 Fuss, der Boden und die Seitenwände angegriffen sind; darnach sind die dortigen Anlagen ausgeführt und haben sich Unzuträglichkeiten nicht gezeigt.

Es ergibt sich daraus eine sehr geringe Uebereinstimmung der älteren Versuche und der gegenwärtigen Praxis. Die Versuche sind hauptsächlich in künstlichen Canälen oder Rinnen ausgeführt, das Sandmaterial wurde auf den Boden geworfen und konnten daher die Resultate den natürlichen Verhältnissen nicht entsprechen. Das Sandmaterial musste auf den glatten Boden und Seitenwänden leichter vorwärts bewegt werden, als wie auf dem verhältnissmässig rauhen Boden eines Flussbettes; das Angreifen der Sohle und der Böschungen eines Flussbettes konnten natürlich nur bei erheblich grösseren Geschwindigkeiten stattfinden; die Geschwindigkeit an der Sohle dieser künstlichen Canäle musste bedeutend grösser sein, als wie an der Sohle der Flussbetten.

Diese Umstände dürften hauptsächlich das Resultat herbeigeführt haben, dass die Praxis weiter gegangen ist als wie die theoretischen Untersuchungen, wenn man den älteren Versuchen diese Bezeichnung ertheilen kann, gestatten.

Es dürfte an der Zeit sein, diese Lücke in der Lehre über Bewegung des Wassers auszufüllen und ist es der Zweck dieser Zeilen, dazu eine Anregung zu geben; ein genügender Abschluss wird nur durch Ausführung einer grossen Anzahl von Versuchen in Gräben, Flüssen und Canälen zu erreichen sein. Vor Beginn der Untersuchung über die Fortbewegung des Materials ist eine andere Frage zu erledigen, von welcher bereits Hagen in seinem Handbuch über Wasserbaukunst sagt, dass dieselbe eine Beantwortung noch nicht gefunden habe, nämlich die Frage über Abnahme der Geschwindigkeit des Wassers in einer Verticallinie.

Die meisten Messungen der Geschwindigkeiten in verschiedenen Höhen sind mittels des Woltman'schen Flügels oder mittels Schwimmer vorgenommen; beide Instrumente eignen sich für die Messung der Geschwindigkeit des Wassers unmittelbar über der Sohle nicht und doch ist gerade diese Messung für den Praktiker hauptsächlich von Wichtigkeit. Das einzige Instrument, welches für derartige Messungen passend erscheint, ist die Pitot'sche Röhre und selbst diese gibt

nicht die Geschwindigkeit für einen Punkt der Verticalen, sondern für einen Theil derselben von etwa $^1/_4$ Zoll Länge; man muss mithin selbst bei Messungen unmittelbar am Boden des Flussbettes doch die Geschwindigkeit des Wassers grösser finden, als wie dieselbe in Wirklichkeit ist.

Die nachstehende Tabelle ergibt eine Anzahl Messungen der Geschwindigkeiten des Wassers in Gräben, Canälen und Flüssen, die Beobachtungen sind mit der Pitot'schen Röhre ausgeführt, an der Oberfläche mit einem Schwimmer; die ersteren sind je nach den Differenzen der Ablesungen 2—8 mal wiederholt, um eine möglichst grosse Genauigkeit zu erreichen.

Die sub *A* aufgeführten Gräben haben eine obere Breite von 8 — 10 Fuss, die Böschungen sind etwa $^1/_4$ füssig, die Reinigung war vollständig ausgeführt, der Boden besteht aus Sand, dessen Zwischenräume durch Sinkstoffe aus der Ocker ausgefüllt sind.

Der sub *B* aufgeführte Fuhse-Canal hat eine Breite von 30 Fuss, die Sohle besteht aus reinem Sand und ist sehr eben; die Fuhse hat eine Sohlenbreite von 24 Fuss und bietet der sandige Boden des Flussbettes einzelne, jedoch unerhebliche Erhöhungen, auch fanden sich während der Beobachtung trotz der kurze Zeit vorher vorgenommenen Räumung einzelne Reste der Wasserpflanzen.

Die sub *C.* aufgeführte Aller hat eine Breite von 6 — 7 Ruthen und einen reinen ziemlich ebenen Sanduntergrund.

Zur Vergleichung ist in der fünften Columne der Tabelle die Geschwindigkeit am Boden nach der Lahmayer'schen Formel $w = (0{,}8617 - 0{,}0137\,t)\,C$, in welcher *C* die grösste Geschwindigkeit, *t* die Wassertiefe und *w* die Geschwindigkeit am Boden berechnet und in der sechsten Columne die Differenz gegen die beobachtete Geschwindigkeit gegeben; ferner sind unter Rubrik Bemerkungen die mittleren Geschwindigkeiten gleich 0,8 der grössten berechnet und daraus nach der Formel $W = 2\,u - U$, in welcher *U* die grösste Geschwindigkeit des Wassers in der Mitte des Canals, *u* die mittlere Geschwindigkeit und *W* die Geschwindigkeit des Wassers am Grundbett bezeichnet, diese letztere Grösse berechnet. Es ergibt sich daraus, dass die Lahmayer'sche Formel durchweg die Geschwindigkeit am Boden (vide die Beobachtungen sub *B* und *C*) grösser angibt, als wie solche bei den Beobachtungen gefunden wurden; geringer sind die Differenzen mit der zweiten Formel.

Nach den vorliegenden Beobachtungen, deren Mittheilung, wie schon oben bemerkt, nicht geschieht, weil dieselben zur Lösung der Frage schwer geeignet erscheinen, sondern zur Anregung dienen sollen, möchten die Geschwindigkeits-Scala aus zwei verschiedenen Curven zusammengesetzt erscheinen, die eine, welche die Abnahme der Geschwindigkeit bis in die Nähe des Bodens angibt, erscheint als eine flach convexe Curve, deren längerer, nach unten gekehrter Theil einer geraden Linie nahe kommt, der zweite ungleich kürzere Theil ähnelt dem Anfange der parabolischen Linie, ist jedoch so sehr von der Beschaffenheit des Flussbettes, von dem Material, der grössern oder geringern Unebenheit des Bodens, der geraden oder gekrümmten Richtung des Wasserlaufs u. s. w abhängig, dass eine allgemeine für alle Fälle passende Feststellung dieser Linien kaum möglich sein wird. Die Tabelle ergibt in den Messungen der Geschwindigkeit im Fuhse-Canale und Fuhseflusse, welcher letzterer als kleiner Fluss sehr regelmässig und rein von Unkraut war, ein Beispiel, in welcher Weise die Beschaffenheit der Sohle einwirkt; bei einer grössten Geschwindigkeit von 1,66 Fuss war $^1/_4$ Zoll von der Sohle des Fuhse-Canals, die Geschwindigkeit an der Sohle 0,9 Fuss, dagegen in dem Fuhse-Flusse bei 2,8 Fuss Maximal-Geschwindigkeit, die Geschwindigkeit $^1/_4$ Zoll von der Sohle nur $^1/_4$ Fuss.

Vergleicht man die Maximal-Geschwindigkeiten, welche in der Tabelle enthalten sind, mit den Geschwindigkeiten an der Sohle, so ergibt sich für die Gräben (*A*) die Geschwindigkeit 2 Zoll, vom Boden 0,73, 0,7 und 0,74 im Mittel 0,72 der Maximal-Geschwindigkeit; fast dasselbe Resultat ergibt die Messung am Fuhse-Canal (*B I*) 0,78. In einer Entfernung von $^1/_4$ Zoll von der Sohle ist das Verhältniss im Fuhse-Canal 0,54, im Fuhse-Flusse dagegen 0,09.

In der Aller fand sich von 0 — $^1/_2$ Zoll vom Boden das Verhältniss 0,42. 0,38. 0,23, also im Mittel 0,34.

So weit die vorliegenden Untersuchungen die Verhältnisse übersehen lassen, scheint es für die Praxis genügend, die Geschwindigkeit an der Sohle für gut unterhaltene Canäle und Gräben $^1/_2$, für grössere Flüsse $^1/_3$, für kleinere Flüsse $^1/_4$ der Maximal-Geschwindigkeit anzunehmen.

Die nach Erledigung der Vorfrage anzustellenden Untersuchungen übnr die Bewegung des Materials am Boden eines Flusses, Canales u. s. w., werden dadurch vereinfacht und erleichtert, dass es sich in den meisten Fällen hauptsächlich um die Frage handelt, welche Geschwindigkeit am Boden der Wasserzüge der Sand ertragen kann, ohne von der Strömung angegriffen zu werden, und dass die Gewässer der Ebene zum grösseren Theile so klar sind, dass ein Durchsehen bis auf den Grund bei nicht zu grosser Wassertiefe thunlich ist.

Verzeichniss

der angestellten Messungen behufs Bestimmung der Geschwindigkeiten des Wassers in einer Verticallinie.

Höhe des beobachteten Punktes über der Grabensohle		Höhendifferenz		Entsprechende Geschwindigkeit pro Secunde	Berechnet nach der Formel $w\,(0{,}8617 - 0{,}0137\,t)\,C$	Differenz	Bemerkungen
Fuss	Zoll	Anzahl der Versuche	Mittel aus den Beobachtungslinien $^1/_{100}$ Fuss	Fnss			
A. Gräben.							
I. Staugraben für die Meinerser-Bewässerung aus der Ocker.							
	2	3	1,67	0,97	1,090	0,120	0 bezeichnet die Geschwindigkeit an der Oberfläche. Die mittlere Geschwindigkeit 0,8 der grössten 1,056 Fuss, daraus nach der Formel die Geschwindigkeit am Boden $W = 2\,u - U = 0{,}79$ Fuss.
	4	2	1,75	1,0			
	9	2	2	1,1			
1	3	4	2,65	1,25			
1	8	5	2,69	1,26			
2	3	4	2,95	1,32			
2	$9^1/_2$	2		0,95			
	0						
II. Staugraben für die Mündeuer Bewässerung aus der Ocker.							
	2	6	3,58	1,44	1,83	0,39	Die mittlere Geschwindigkeit 1,78 Fuss, am Boden 1,33.
	4	5	4,64	1,62			
	9	6	5,37	1,74			
1	3	6	5,83	1,80			
1	9	5	6,8	1,94			
2	5	5	9	2,22			
2	8	2		2,67			
	0						
Daselbst Böschung.							
	6	4	4,48	1,6			
III. Staugraben für die Ahnser Bewässerung aus der Ocker.							
	2	4	3,38	1,40	1,59	0,19	Die mittlere Geschwindigkeit 1,72 Fuss, am Boden 1,14.
	6	4	3,63	1,45			
1	.	4	4,75	1,65			
1	8	4	6,5	1,9			
1	11						
Daselbst Böschung.							
	6	2	1,75	1,0			

Höhe des beobachteten Punktes über der Grabensohle		Höhendifferenz		Entsprechende Geschwindigkeit pro Secunde	Berechnet nach der Formel $w(0{,}2617 - 0{,}0137\,A)\,C$	Differenz	Bemerkungen
Fuss	Zoll	Anzahl der Versuche	Mittel aus den Beobachtungslinien $^1/_{120}$ Fuss	Fuss			
IV. Stangraben für die grosse Badeweide bei Meinersen.							
	1 1/4	4	3	1,32	1,69	0,37	Die mittlere Geschwindigkeit 1,62 Fuss, am Boden 1,22 F.
	4	4	3,68	1,46			
1		4	5.95	1,82			
1	6	4	7,38	2,02			
1	9	4	7,03	1,97			
1	11 1/2	2		1,68			
	0						
B. Kanäle und kleinere Flüsse.							
I. Fuhsecanal bei Bennebostel bei 1 Fuss 7 Zoll Pegelmass.							
	1/4	7	1,46	0,9	1,41	0,51	Die mittlere Geschwindigkeit 1,33 Fuss, am Boden 1,0 F.
	1	6	2,45	1,2			
	2	5	2,9	1,3			
	3	6	6,4	1,75			
	4	8	2,7	1,26			
	6	6	3,67	1.46			
	8	8	3,96	1,5			
1	—	6	4,92	1,66			
1	2 1/2	4	3,75	1,45			
1	5	2	—	1,61			
	0						
Daselbst Böschung.							
	1/2	3	0,4	etwa 0,55			
	2	4	1,1	0,8			
	4	4	1,7	1,0			
	6	4	1,9	1,05			
II. Fuhse-Fluss oberhalb der Ausmündung des Fuhsecanals bei 1 Fuss 7 Zoll Pegelmass.							
	1/2	3	0,2	etwa 0,25	2,28	2,03	Die mittlere Geschwindigkeit 2,24 Fuss, am Boden 1,68 F.
	1	4	0,75	0,70			
	6	4	3,4	1,4			
1	—	6	9,3	2,25			
1	6	5	11,8	2,5			
2	6	4	14,0	2,75			
3	—	6	14,9	2,8			
3	2	2	—	2,77			
	0						

Höhe des beobachteten Punktes über der Grabensohle		Höhendifferenz		Entsprechende Geschwindigkeit pro Secunde	Berechnet nach der Formel w (0,8617 — 0,0167 A) C	Differenz	Bemerkungen
Fuss	Zoll	Anzahl der Versuche	Mittel aus den Beobachtungslinien				
			$^1/_{12}$ Fuss	Fuss			
C. Grössere Flüsse.							
1. Die Aller bei Celle.							
a) 8 Fuss vom Ufer.							
	4	0$\frac{1}{2}$	0	0	1,05	0,1	
	5	1$\frac{1}{2}$	1,3	0,95			
	6	5	1,33	0,95			Die mittlere Geschwindigkeit 10 Fuss, am Boden 0.75 F.
	4	8	2,06	1,1			
	11	—	2,6	1,25			
	2	1	2,5	1,22			
	0 6	1					
b) 16 Fuss vom Ufer.							
	0—$\frac{1}{2}$	6	1,4	0,9	1,81	0,91	
	2	4	1,6	0,95			
	5	4	4,0	1,55			
	9	5	5,7	1,85			Die mittlere Geschwindigkeit 1,73 Fuss, am Boden 1,3 F.
1	3	5	6.4	1.9			
1	9	4	8,5	2,16			
2	6	5	8,3	2,13			
2	0 11	2	—	2.0			
c) 24 Fuss vom Ufer.							
	0—$\frac{1}{2}$	6	1,33	0,95	2,08	1,13	
	3	4	2,7	1,25			
	6	4	3,25	1,38			
	9	3	4,33	1,57			
1	—	3	6,33	1,88			Die mittlere Geschwindigkeit 2,02 Fuss, am Boden 1,51 F.
1	6	4	7,4	2,02			
2	3	3	11,8	2,52			
2	9	6	11,9	2,53			
3	6	5	9,5	2,27			
4	2	6	8,33	2,14			
4	0 6	2	—	2,1			
d)							
	0—$\frac{1}{2}$	6	0,4	etwa 0,55	1,95	1,40	
	3	4	0,5	0,6			
	6	3	2	1,1			
1	—	4	4,75	1,64			
2	3	4	8,4	2,14			Die mittlere Geschwindigkeit 1,32 Fuss, am Boden 1,44 F.
3	—	4	10,5	2,39			
3	8	3	10,67	2,4			
4	2	7	9,86	2,32			
4	0 6	2	—	2,1			

Ueber die Bestimmung der äusseren auf ein Brückensystem wirkenden Kräfte.

Von **J. Heinrich L. Schmidt**, Civilingenieur *).

(Mit Zeichnungen auf Seite 33 und einer Anzahl von Holzschnitten.)

I.

Dem Ingenieur muss bei jedem Bau vor allem Anderen klar sein, welchem Zweck derselbe zu entsprechen hat; dies gilt aber ganz besonders bei einem Brückenbau, wenn derselbe rationell durchgeführt werden soll. Jede Brücke hat den Zweck, die directe Verbindung zweier Punkte, die durch irgend eine Ursache getrennt oder schwer zugänglich sind, so herzustellen, dass man sich von dem einen zum andern ohne Hinderniss bewegen und mit grösseren oder geringeren Kosten dahin gelangen kann. Die Abmessungen einer Brücke und ihrer einzelnen Bestandtheile sind daher hauptsächlich abhängig von der Entfernung der zu verhindenden Punkte, so wie von den darüber zu bewegenden Lasten, und nehmen mit diesen beiden Grössen zu oder ab. Je grösser die Entfernung der beiden zu verbindenden Punkte ist, desto mehr wächst das Eigengewicht der Brücke und wird bei einer gewissen Entfernung dieser Punkte so gross, dass sie nur noch sich selbst, aber keine Auflast mehr zu tragen im Stande ist; die von der Brücke zu tragende Auflast sammt dem Eigengewicht derselben bestimmen somit die Grenze, bis zu welcher eine Ueberbrückung überhaupt noch möglich ist. Zuerst muss also für irgend einen Fall die Auflast, oder grösste zufällige Last bestimmt werden, welche die Brücke jemals zu tragen haben wird; da aber auch noch andere Kräfte auf ein Brückensystem wirken, so ist es erforderlich, alle auf eine Brücke wirkenden äusseren Kräfte näher zu betrachten und deren Grösse für jeden Fall festzusetzen.

Diese Kräfte sind sehr verschiedener Art, jedoch lassen sie sich bezüglich ihrer Richtung in zwei Hauptclassen eintheilen:

A in solche, die in verticalem Sinne wirken,

B in solche, die in horizontalem Sinne wirken.

Die ersteren sind hauptsächlich eine Folge der Schwerkraft und überwiegen alle anderen bei Weitem. Sie setzen sich zusammen aus:

A. (a) der grössten zufälligen Belastung der Brücke,

A. (b) dem Eigengewichte derselben,

A. (c) den bei der Bewegung der zufälligen Last etwa erfolgenden verticalen Stössen,

A. (d) den Reactionen der Widerlager,

A. (e) der Centrifugalkraft,

Die in horizontalem Sinne wirkenden Kräfte sind:

B. (a) die Windstösse,

B. (b) die durch die Bewegung der zufälligen Last etwa entstehenden horizontalen Stösse,

B. (c) bei Brücken, die in Curven liegen, die horizontale, nach der convexen Seite derselben hinwirkende Centrifugalkraft.

II.

Bestimmung der grössten zufälligen Belastung einer Brücke.

Die grösste zufällige Belastung einer Brücke hängt, wie bereits bemerkt, von den Verkehrszwecken ab, welchen sie dienen soll; ist die Brücke für eine Locomotiveisenbahn bestimmt, so ist die zufällige Last grösser, als für eine Brücke, welche dem gewöhnlichen Strassenverkehr dient, oder für eine Pferdebahn, oder endlich für eine Brücke, die nur als Gehsteg für Personen benützt werden soll; desshalb wird hier abgetheilt in:

α) Zufällige Belastung für Locomotiveisenbahnbrücken.

β) Zufällige Belastung für Strassenbrücken und Pferdeeisenbahnen.

γ) Zufällige Belastung für Gehstege.

*) Zur Zeit Oberingenieur der k. k. priv. österr. Staatseisenbahngesellschaft.

ad. α) *Zufällige Belastung für Locomotiveisenbahn-Brücken.*

Bei Locomotiveisenbahnen ist die Schwere der Locomotiven massgebend, da dieselben auf wenige möglichst nahe beisammenliegende Stützpunkte vertheilt ein grosses Gewicht zu tragen haben, welch letzteres nothwendig ist, um auf den glatten Schienen die zur Fortschaffung der angehängten Last erforderlichen Steigungswiderstände zu erzeugen. Je ungünstiger die Steigungsverhältnisse einer Eisenbahn sind, desto schwerer müssen die Locomotive sein, aber auch eine Bahn mit günstigen Steigungsverhältnissen und selbst horizontale Bahnen, somit auch die darin liegenden Brücken, sollen so gebaut sein, dass man die schwersten Locomotive darauf transportiren und im Nothfalle zum Betriebe der Bahn benützen kann, obschon es immer eine unökonomische Gebahrung ist, eine ebene Bahn mit schweren Locomotiven zu betreiben, wie dies leider zuweilen nicht nur als Ausnahme geschieht.

Da noch keine allgemeine Bestimmung darüber besteht, wie hoch die grösste zufällige Last auf die Längeneinheit eines Geleises für Eisenbahnbrücken bei verschiedenen Spannweiten derselben, zu bemessen ist, und aus der Zusammenstellung der üblichen Gebräuche in den verschiedenen Ländern des Continents, in England und America, hervorgeht, dass in der Annahme dieser zufälligen, der Berechnung zu Grunde zu legenden Lasten, ziemlich willkürlich und systemlos vorgegangen wird, so habe ich mich bemüht, den Eisenbahnverhältnissen in Oesterreich entsprechende Gewichtstabellen aufzustellen, welche die Werthe enthalten, die der Berechnung von Eisenbahnbrücken für verschiedene Spannweiten als gleichförmig vertheilte Last auf die Längeneinheit und für ein Geleise zu Grunde zu legen sind.

In England rechnet man bei grösseren Brücken eine Tonne zufällige Last auf den laufenden Fuss, das sind 3333 Kilogr. auf den laufenden Meter oder 2000 Zollpfund auf den deutschen Fuss, $= 0{,}3^{m}$ oder endlich 112,9 Wiener Centner auf die österreichische Klafter und ein Geleise. In America geht man bis auf 2500 Kilogr. für den laufenden Meter herab. In Frankreich ist es Gebrauch, den Probebelastungen einer Brücke für den laufenden Meter und ein Geleise ein Gewicht von 4000 Kilogr. zu Grunde zu legen. Es ist dieser Gebrauch bereits in Oesterreich *) und in einem Theile von Deutschland ebenfalls eingeführt, doch bleibt man in Deutschland häufig unter dieser Ziffer **). In Russland und Spanien, wo die Eisenbahnen meist in Händen französischer Gesellschaften sind und desshalb auch meist französische Ingenieure daselbst hanen, wird ebenfalls nach französichem Gebrauch vorgegangen. Das Gewicht von 4000 Kilogr. für den laufenden Meter einfachen Geleises entspricht einem Gewichte von 135 Wiener-Centner auf eine Wiener-Klafter und 24 Zoll-Centner (zu 50 K.) für einen deutschen Fuss und ein Geleise.

Dass diese Annahme jedoch eine willkürliche und in sich nicht begründete, sondern nur für eine be-

*) In einem zur Erbauung einer stabilen Brücke über die Donau bei Wien von dem k. k. österr. Handelsministerium seiner Zeit projectirten Concurrenzausschreiben wurde festgesetzt, dass die lichten Durchflussöffnungen zwischen den Widerlagern 200 Wiener Klafter = 1200 Wiener Fuss betragen müssen, und dass zwei, höchstens vier Zwischenpfeiler in das Flussbett eingestellt werden dürfen, wodurch 3 bis 5 Oeffnungen entstehen, welche, wenn sie gleich weit genommen werden, je 400, 300 oder 240 Fuss Lichtweite haben. Ferner wurde festgesetzt, dass die Breite der Eisenbahnbrücke für zwei Fahrgeleise 27 Fuss und dieselbe so construirt sein müsse, dass sie bei einer Belastung von 60 Wiener Centner auf die Quadratklafter „in keinem ihrer Theile die geringste schädliche Alteration erleide." — Diese festgesetzte Belastung entspricht einem Gewichte von 45 Wr. Centner für den laufenden Fuss der doppelgeleisigen 27 Fuss breiten Brücke, oder von 22,5 Wiener Centner für den laufenden Wiener Fuss einfachen Geleises; dies gibt aber 24 Zollcentner für den laufenden deutschen Fuss und 4000 Kilogramm für den laufenden Meter einfachen Geleises. Vergleicht man diese Gewichte mit den in den unten folgenden Tabellen *A* und *B* für die Spannweiten von 240 bis 400 Fuss angeführten Werthen der grössten gleichförmigen Belastungen, so findet man, dass sie sehr hochgegriffen sind, insbesondere für Oeffnungen von 300 bis 400 Fuss Lichtweite.

**) Die Brücke über den Rhein in Mainz wurde bei einer Stützweite von 105,2 Meter mit 3947 Kilogramm auf den laufenden Meter einfachen Geleises erprobt. — Die Brücke über den Rhein bei Coblenz hat eine freie Stützweite von 96,666 Meter, und der Berechnung wurden 2980 Kilogr. als grösste zufällige Last zu Grunde gelegt; bei der im Bau begriffenen Brücke über den Rhein zwischen Mannheim und Ludwigshafen wurde bei 87,33 Meter lichter Spannweite eine grösste zufällige Last von 3000 Kilogr. in Rechnung gezogen

stimmte Spannweite richtige ist und im Allgemeinen erst bei Spannweiten über 60ᵐ genügt, bei Weiten über 80ᵐ aber schon zu hoch gegriffen ist, soll hier nachgewiesen werden.

Wie schon bemerkt wurde, sind für die Bestimmung der grössten zufälligen Belastung einer Oeffnung von bestimmter Grösse die Gewichte der zum Betriebe einer Bahn verwendeten Locomotive massgebend. In neuerer Zeit sind die Locomotive im Allgemeinen viel schwerer als diejenigen waren, welche man vor 25 Jahren beim Beginne des Eisenbahnwesens verwendete. Die Locomotive für Personenzüge haben im Dienststande ein Gewicht von 19000 Kilogr. bis 23000 Kilogr.; solche für gemischte Züge wiegen 23000 Kilogr. bis 30000 Kilog. und die schweren Lastzugsmaschinen, die sogenannten Tenderlocomotive, welche auf horizontaler Bahn 11000 bis 20000 Zoll-Centner Bruttolast mit einer Geschwindigkeit von 3 Meilen in der Stunde zu befördern im Stande sind, wiegen 47600 Kilogr. bis 52080 Kilog., während eine Semmeringmaschine 56000 Kilogr. schwer ist.

Die beladenen Lastwagen haben ebenfalls verschiedene Gewichte, verschiedene Längen und verschiedene Radstände. Die im Verhältniss zu ihrer Länge und ihrem Radstande schwersten Wagen sind die kleinen offenen vierrädrigen Lastwagen; die kürzesten sind 7,255ᵐ lang, haben einen Radstand von 3,475ᵐ und in vollständig beladenem Zustande ein Gewicht von 312 Zoll-Centner oder 15600 Kilogr.

Es kommt nun häufig vor, dass vor einem Lastzuge zwei dienstthuende Locomotive sind und zuweilen noch eine oder mehrere kalte Maschinen mitgehen.

Obschon man stets darauf bedacht sein wird, drei schwere Tendermaschinen nicht gerade hintereinander zu stellen, so können es eben die Umstände mit sich bringen, dass dies zuweilen doch geschieht, wenn z. B. die Zeit nicht mehr hinreicht, um den Zug zu ordnen und die Wägen und Maschinen zu verstellen; ferner ereignet es sich häufig, dass man Maschinen wegen Mangel einer Drehscheibe rückwärtsgehend mitführen muss, so dass die schweren Vordertheile zweier Maschinen zusammenzustehen kommen; ferner im Falle eines Krieges, wenn die Fahrbetriebsmittel einer Hauptstation schnell in Sicherheit gebracht werden sollen, kann es vorkommen, dass mehr als drei Locomotive hintereinander, ja ein ganzer Zug von Locomotiven, viele Meilen weit geführt werden.

Für alle solche Fälle muss eine Eisenbahn genügende Sicherheit bieten, es müssen daher die Objecte derselben entsprechend stark construirt sein.

Fig. 1 (Seite 33) zeigt die Anordnung der Gewichtsvertheilung bei einer Tendermaschine im Dienststande, und Figur 2 die eines offenen Lastwagens bei seiner Maximalbelastung.

Denkt man sich nun einen Zug so zusammengestellt, dass drei Tendermaschinen, darunter die erste rückwärtsgehend, voranstehen und ihnen folgend eine entsprechende Anzahl von beladenen, zweiachsigen Lastwägen, ermittelt für die verschiedenen Spannweiten von 1ᵐ bis 200ᵐ jeweils den ungünstigsten Stand und berechnet darnach die Lasten für die Längeneinheit, welche gleichförmig vertheilt dieselbe Wirkung hervorbringen, wie ein so zusammengesetzter Zug, so erhält man diejenigen Werthe, welche als grösste zufällige Last für Brückenobjecte den Berechnungen zu Grunde zu legen sind.

Aus Figur 4 bis 14 der beigelegten Zeichnungen ist zu ersehen, wie für mehrere Spannweiten die Ausmittlung dieser grössten Lasten geschah, und in nachstehender Tabelle *A* sind die Resultate der in Metermass und Kilogrammen durchgeführten Rechnungen zusammengestellt, welche auch in deutsche Fuss und Zoll-Centner, sowie in Wiener-Fuss und Wiener-Centner umgewandelt wurden. Die Resultate sind jeweils auf 10 Kilogr und Zehntel-Centner abgerundet.

Als Beispiel der Berechnung diene die Figur 14 auf Seite 33 für eine Brücke von 30ᵐ Lichtweite. Ein Zug, welcher in vorbeschriebener Weise zusammengestellt ist und somit Normalzug zur Bestimmung der grössten zufälligen Last genannt werden mag, hat dann seinen ungünstigsten Stand auf einer Brücke von 30ᵐ Lichtweite, d. h. sein Gewicht ruft dann die grössten Kraftmomente hervor, wenn das erste Rad der zweiten Tendermaschine gerade in der Mitte steht, wie dies eben Figur 14 versinnlicht. Sucht man die Kraft *P*, welche in der Mitte der Brücke aufgebracht, dieselbe Wirkung hervorbringen würde, wie die auf die Achsen des Zuges vertheilten Lasten, so findet man:

$$P = 11760 + \frac{11760\,(13,65 + 12,3 + 4,0 + 2,65 + 1,3 + 10,5 + 9,15 + 7,85) + 7000\,(0,05 + 11,05 + 6,55) + 9800\,(3,75 + 8,25)}{15}$$

$$P = 11760 + \frac{11760 . 61,35 + 7000 . 17,65 + 9800 . 12}{15} = 75668 \text{ Kilogr.}$$

Die auf die Einheit gleichförmig über die ganze Länge vertheilte Last K, welche dieselbe Wirkung hervorbringt, wie die in der Mitte concentrirte Last P ist daher:

Tabelle A.

Zusammenstellung der Werthe, welche der Berechnung von Eisenbahnbrücken für verschiedene Spannweiten als gleichförmig vertheilte Last auf die Längeneinheit und für ein Geleise zu Grunde zu legen sind.

Post-Nummer	Spannweite in Metern	Grösste zufällige Last K für den laufenden Meter und ein Geleise in Kilogrammen.	Spannweite in deutsch. Fussen	Grösste zufällige Last K für den deutschen Fuss und ein Geleise in Zollcentnern.	Spannweite in österr. Fussen	Grösste zufällige Last K für den Wiener Fuss und ein Geleise in Wiener Centnern.	Bemerkungen.
1	1	23520	3	141,10	3	132,80	Für drei Tendermaschinen von je 52080 K. Gewicht und für zweiachsige Lastwagen von je 15600 K. Gewicht. Bei der hier angenommenen Vertheilung der Lasten auf die Locomotivachsen stellt sich, wie aus Nummer 3 und 4 zu ersehen, die zufällige Last für 3m Spannweite geringer als für 4m; man wird aber in der Praxis gut thun, für 3m Lichtweite dieselbe grösste zufällige Last wie für 4m in Rechnung zu nehmen.
2	2	11760	6	70,60	6	66,40	
3	3	9410	10	56,50	9	53.10	
4	4	9700	13	58,20	12	54.70	
5	5	9030	16	54.20	16	51,00	
6	6	8540	20	51,20	19	48,20	
7	8	7450	27	44,70	25	42,00	
8	10	6770	33	40,60	32	36,20	
9	12	6010	40	36,10	38	33,90	
10	15	5470	50	32.80	48	30,90	
11	18	5460	60	32,70	57	30,80	
12	21	5300	70	31,80	66	29,90	
13	24	5170	80	31,00	76	29,20	
14	27	5110	90	30,70	85	28,80	
15	30	5060	100	30,40	95	28,60	
16	33	4990	110	29,90	104	28,20	
17	36	4680	120	29,80	114	27,60	
18	40	4660	133	28,10	127	26,40	
19	45	4580	150	27,50	142	25,80	
20	50	4430	167	26.60	158	25 30	
21	55	4250	183	25,50	174	24,00	
22	60	4100	200	24,60	190	23,10	
23	70	3830	233	23,00	221	21,60	
24	80	3610	267	21,70	253	20,40	
25	90	3430	300	20,60	285	19,40	
26	100	3250	333	19 50	316	18,30	
27	110	3100	367	18,60	350	17,50	
28	120	2970	400	17.80	380	16,80	
29	130	2850	433	17,10	411	16.10	
30	140	2740	467	16,40	443	15,50	
31	150	2650	500	15,90	475	15.00	
32	160	2570	533	15,40	506	14,50	
33	170	2490	567	14.90	538	14,00	
34	180	2420	600	14,50	569	13,70	
35	190	2360	633	14,20	601	13,30	
36	200	2310	667	13,90	633	13,00	

$$K = \frac{2 \cdot P}{30} = \frac{2 \cdot 75868}{30} = 5058 \text{ Kilogr.},$$

wofür rund 5060 Kilogr. in die Postnummer 15 der Tabelle *A* eingetragen wurde. Ganz in derselben Weise wie an diesem Beispiel gezeigt, wurden die ungünstigsten Stellungen des Normalzuges für alle in Tabelle *A* angeführten Spannweiten ermittelt und dann die entsprechenden Werthe von *K* berechnet.

Trägt man diese Werthe in irgend einem Massstabe so auf, dass die Abscissen den Spannweiten und die Ordinaten den jeweiligen Belastungen entsprechen, und verbindet die Endpunkte durch eine stetige Linie wie dies in Figur 24 und 25 geschehen ist, so erhält man eine Curve, welche die Belastungen für die nicht berechneten Zwischenweiten hinlänglich genau angibt, welche man somit nicht mehr zu rechnen, sondern nur abzugreifen braucht.

Wie man sieht, ist diese Curve keine regelmässige, sondern eine mehrfach gebrochene, aus Curvenstücken zusammengesetzte Linie, die von den Radständen der Locomotive und Wägen, so wie von der Vertheilung der Gewichte auf die Achsen derselben abhängt. Diese Lastencurve wird sich daher, je nachdem die Betriebsmittel einer Bahn den vorstehend angenommenen mehr oder weniger ähnlich sind, auch mehr oder weniger ändern, im Allgemeinen aber wird sie den heutigen Anforderungen an den Bahnverkehr entsprechen.

In besonderen Fällen aber können oder müssen sogar andere Belastungen ermittelt werden und es ist dann auf dieselbe Weise vorzugehen wie oben angezeigt wurde.

Für Seitenbahnen, die nur einem untergeordneten Zweck dienen, welche geringe Steigungsverhältnisse haben und bei denen mit Gewissheit vorauszusehen ist, dass nie Tendermaschinen verkehren werden, kann man der Berechnung leichtere Maschinen zu Grunde legen und wird dann eine Tabelle erhalten, welche kleinere Werthe für die grössten zufälligen Lasten gibt als vorstehende Tabelle A, immerhin muss man sich aber hüten zu kleine Werthe zu nehmen, da, wie die Erfahrung lehrt, die Gewichte der Betriebsmittel eher zu als abnehmen dürften, keinesfalls aber darf die zufällige Last für Locomotiveisenbahnen kleiner genommen werden als sie sich für eine Strassenbrücke von gleichen Dimensionen ergibt. (Siehe unten ad β.)

Für steile Gebirgsbahnen, insbesondere wenn dieselben Hauptbahnen sind wie die Semmeringbahn, sind die in vorstehender Tabelle *A* enthaltenen Belastungswerthe noch zu klein, da eine sogenannte Semmeringmaschine noch bedeutend schwerer und etwas kürzer ist als eine Tendermaschine, wie sie für die Berechnung der Tabelle *A* angenommen wurde. Fig. 3 zeigt die Anordnung und Vertheilung der Lasten auf die Achsen bei einer Semmeringmaschine im Dienststande.

In nachstehender Tabelle *B* sind die für einen Normalzug aus drei Semmeringmaschinen, von welchen die erste rückwärts geht, und aus zweiachsigen Lastwagen (nach Fig. 2) sich ergebenden Werthe für die grösste gleichförmige Belastung für Eisenbahnbrücken von 1^m bis 100^m Spannweite eingetragen. Die Ausmittlung dieser Werthe geschah ähnlich wie früher und ist aus Fig. 18 bis 23 der beigelegten Zeichnungen zu ersehen.

Fig. 24 und 25 sind diese Werthe ebenfalls in gleichem Massstabe wie die der Tabelle *A* aufgetragen, und zwar übereinander, um beide Curven leichter miteinander vergleichen zu können; Fig. 25 ist die Fortsetzung der Fig. 24, jedoch in einem anderen Massstabe verzeichnet.

Man sieht die Curve *B* weicht bei den kleinen Spannweiten wesentlich von derjenigen *A* ab und gibt durchgehends noch grössere Werthe.

Die in vor- und nachstehenden Tabellen *A* und *B* zusammengestellten Werthe der Maximalbelastungen gelten für ein Geleise, ohne Rücksicht darauf wie viele Träger bei einer Brückenconstruction angewendet werden; je nach der Anzahl entfällt ein entsprechender Theil als Traglast für jeden derselben. Selbstverständlich ist, dass die Details der Brücke, insbesondere der Fahrbahntafel derselben, welche die Einzellasten direct aufzunehmen haben, so zu construiren sind, dass sie den durch die darüberfahrende Locomotive ausgeübten grössten Drücken und Kraftmomenten genügenden Widerstand zu leisten im Stande sind, es gelten daher für die Berechnung der Zwischenconstructionstheile ganz dieselben Gewichtstabellen wie für ganze Brücken.

Vorstehendes dürfte genügen den Weg zu zeigen, wie in allen Fällen die der Berechnung einer Eisenbahnbrücke zu Grunde liegende, gleichförmig auf ihre ganze Länge vertheilte grösste zufällige Last zu bestimmen

Tabelle B.

Zusammenstellung der Werthe, welche der Berechnung von Eisenbahnbrücken für verschiedene Spannweiten als gleichförmig vertheilte Last auf die Längeneinheit und für ein Geleise, bei dem Betrieb einer Bahn mit Semmering-Maschinen, zu Grunde zu legen sind.

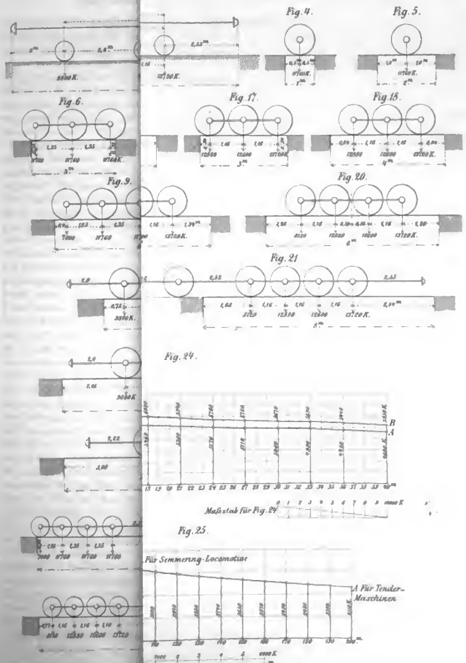
Post-Nummer	Spannweite in Metern.	Grösste zufällige Last K für den laufenden Meter und ein Bahngeleise in Kilogrammen.	Spannweite in deutsch. Fussen.	Grösste zufällige Last K für den deutschen Fuss und ein Geleise in Zollcentnern.	Spannweite in österr. Fussen.	Grösste zufällige Last K für den österr. Fuss und ein Geleise in Wiener Centnern.	Bemerkungen.
1	1	27440	3	164,60	3	154 90	Für drei Semmering - Maschinen von je 56000 K. Gewicht und für zweiachsige Lastwagen von je 15600 K. Gewicht.
2	2	13720	6	82,30	6	77,50	
3	3	12970	10	77,80	9	73,20	
4	4	11900	13	71,40	12	67,20	
5	5	10970	16	65,80	16	61,90	
6	6	10260	20	61,60	19	57,90	
7	8	8730	27	52,40	25	49,30	
8	10	7690	33	46,10	32	43,40	
9	12	6890	40	41,30	38	38,90	
10	15	6160	50	37,00	48	34,80	
11	18	6090	60	36,50	57	34,40	
12	21	5940	70	35,60	66	33,50	
13	24	5760	80	34,60	76	32,50	
14	27	5720	90	34,30	85	32,30	
15	30	5670	100	34,00	95	32,00	
16	33	5590	110	33,50	104	31,50	
17	36	5440	120	32,60	114	30,70	
18	40	5250	133	31,50	127	29,60	
19	45	5000	150	30,00	142	28,20	
20	50	4830	167	29,00	158	27,30	
21	60	4380	200	26,30	190	24,70	
22	70	4110	233	24,70	221	23,20	
23	80	3870	267	23,20	253	21,80	
24	90	3660	300	22,00	285	20,70	
25	100	3470	333	20,80	316	19,60	

ist. Selbstverständlich ist dann die Frage über die einer neuen Brücke aufzubürdende Probelast ebenfalls beantwortet.

Da der deutsche Eisenbahnverein eine möglichst gleichförmige Behandlung aller Angelegenheiten der Vereinsbahnen bezweckt, insbesondere aber gleichmässige Vorschriften für den Bau und Betrieb derselben aufzustellen bemüht ist, so dürfte auch die Vereinbarung einer den Verhältnissen des Vereines entsprechenden Gewichtstafel für die der Berechnung der Brücken von verschiedenen Spannweiten zu Grunde legenden grössten zufälligen Belastungen, eine angemessene Aufgabe für die tonangebenden Techniker sein.

ad β. *Zufällige Belastung für Strassenbrücken und Pferde-Eisenbahnen.*

Bekanntlich ist für eine Strassenbrücke unter allen möglichen Belastungen diejenige die grösste, welche entsteht wenn die Brücke dicht mit Menschen bestellt ist, denn selbst die Belastungen durch bewaffnete Reiter auf ihren Pferden oder durch achtspännige vierundzwanzigpfündige Kanonen oder endlich durch mit zwölf Pferden bespannte Lastwagen sind geringer,



Allgem. Bauzeitung 1866

... die durch Menschengedränge herv...
... ein Mann mit Waffen und Gepäck...
... Quadratfuss Raum, aber das Gewic...
... angenommen. In Deutschl...
... 150 Zollpfund auf den Mann gere...
... auf den Quadratfuss 50 Pfund ...
... für den Quadratmeter 280 Kilogr...
... nimmt man meist nur 200 Kilo...
... selbst nur 150 Kilogr. für den Q...
... Die americanischen und fr...
... und unter allen Umständen ...
... es gibt deshalb in beiden Län...
... Ereignisse, die durch ein ...
... „Zugeben" von Brücken hervorgeruf...
... in Deutschland gebräuchliche Annah...
... wenn bei einem vorkommenden ...
... Ruhe wäre; da aber bei Menschen...
... Ruhe sondern immer Bewegung ist...
... deshalb muss der Berec...
... einer Brücke ein grösseres G...
... werden, insbesondere bei B...
... oder ganz in der Nähe der...
... ist vorgeschrieben, dass jede B...
... 27 Wiener-Centner auf eine Quad...
... 75 Wiener-Pfund für jeden Qua...
... zu tragen im Stande ist; die...
... für den Quadratmeter oder 73,68 ...
... deutschen Quadratfuss, und es w...
... Versuche zu Grunde liege...
... gedrängte Aufstellungen von Militair...
... gemacht wurden. Diese Annahm...
... solche, die volle Sicherheit ...
... wurde in dem bereits erwähnten...
... Handelsministerium aufge...
... für den Bau einer definitiv...
... bei Wien für den gewöhnlichen...
... festgestellt, „dass dieselbe in k...
... einer Belastung von 35 Wien...
... Quadratklafter Brückenfläche die...
... überhaupt erleide." Diese Last...
... auf den Quadratmeter, oder 9...
... auf den deutschen Quadratfuss oder ...
... Pfunden auf den Wiener-Quadratf...
... der Sicherheit zu viel Rec...
...

... immer alle Umstände gen...
...

als die durch Menschengedränge hervorgebrachten. Für einen Mann mit Waffen und Gepäck rechnet man drei Quadratfuss Raum, aber das Gewicht wird sehr verschieden angenommen. In Deutschland werden häufig 150 Zollpfund auf den Mann gerechnet, somit entfallen auf den Quadratfuss 50 Pfund = 25 Kilogr. oder für den Quadratmeter 280 Kilogr. In Frankreich nimmt man meist nur 200 Kilogr. und in America selbst nur 150 Kilogr. für den Quadratmeter in Rechnung. Die americanischen und französischen Annahmen sind unter allen Umständen zu niedrig gegriffen, es gibt desshalb in beiden Ländern öfter unglückliche Ereignisse, die durch ein Einbrechen oder „Eingehen" von Brücken hervorgerufen werden. Die in Deutschland gebräuchliche Annahme dürfte genügen, wenn bei einem vorkommenden Falle die Last in Ruhe wäre; da aber bei Menschengedränge niemals Ruhe sondern immer Bewegung ist, so finden auch Stösse statt, desshalb muss der Berechnung der Tragfähigkeit einer Brücke ein grösseres Gewicht zu Grunde gelegt werden, insbesondere bei Brücken in grossen Städten oder ganz in der Nähe derselben. In Oesterreich ist vorgeschrieben, dass jede Brücke eine Last von 27 Wiener-Centner auf eine Quadratklafter oder von 75 Wiener-Pfund für jeden Quadrat-Fuss Brückenfläche zu tragen im Stande ist; dies gibt 420 Kilogr. für den Quadratmeter oder 75,68 Zollpfund für den deutschen Quadratfuss, und es sollen dieser Bestimmung Versuche zu Grunde liegen, welche durch gedrängte Aufstellungen von Militair mit Sack und Pack gemacht wurden. Diese Annahme ist allerdings eine solche, die volle Sicherheit gibt, aber dennoch wurde in dem bereits erwähnten, vom k. k. österreichischen Handelsministerium aufgestellten Bedingnisshefte für den Bau einer definitiven Donaubrücke bei Wien für den gewöhnlichen Strassenverkehr festgestellt, „dass dieselbe in keinem ihrer Theile bei einer Belastung von 35 Wiener-Centner auf die Quadratklafter Brückenfläche die geringste schädliche Alteration erleide." Diese Last entspricht 545 Kilogr. auf den Quadratmeter, oder 98 Zollpfunden auf den deutschen Quadratfuss oder endlich 97,2 Wiener-Pfunden auf den Wiener-Quadratfuss, und ist offenbar hier der Sicherheit zu viel Rechnung getragen.

Man wird immer alle Umstände genug berücksichtigt haben, wenn man den Berechnungen einer Brückenconstruction für den Strassenverkehr folgende grösste zufällige Belastungen zu Grunde legt:

400 Kilogr. für den Quadratmeter Brückenfläche oder

72 Zollpfunde für den deutschen Quadratfuss, oder endlich

25.7 Wiener-Centner für die Wiener Quadratklafter, gleich 71,4 Wiener Pfunden auf den Wiener Quadratfuss.

Es ist jedoch bei der Construction der Strassenfahrbahn nicht nur die gleichförmige Belastung zu berücksichtigen, sondern insbesondere auch eine einzeln darüberfahrende Last. Es wurde in früheren Zeiten angenommen, die schwersten Lastwagen haben ein Gewicht von 8000 Kilogr. bis 10000 Kilogr. oder von 160 bis 200 Zoll-Centner. Diese Annahme ist für die heutigen Verkehrsverhältnisse nicht mehr richtig; sie ist zu gering gegriffen, denn wenn auch im Allgemeinen weniger Lasten auf gewöhnlichen Wagen und Strassen transportirt, sondern dieselben meistens auf Eisenbahnen befördert werden, so sind doch in Städten oder in industriellen Gegenden zuweilen schwerere Lasten zu bewegen. Nimmt man z. B. an, es solle eine demontirte Locomotive auf einem gewöhnlichen Lastwagen transportirt werden, so wird ein vierrädriger Wagen sammt Auflast etwa 400 Zoll-Centner wiegen; es entfallen somit auf eine Achse 200 Zoll-Centner und auf ein Rad 100 Zoll-Centner = 5000 Kilogr. = 89,3 Wiener-Centner.

Es müssen daher die Details der Fahrbahn so stark construirt sein, dass sie bei der ungünstigsten Stellung der darüber hinrollenden Räder die denselben aufgebürdeten Lasten von 5000 Kilogr. mit vollständiger Sicherheit zu tragen im Stande sind.

Bei Pferdeeisenbahnen sind ganz dieselben Lastenverhältnisse massgebend wie für Strassenbrücken, indem dieselben ebenfalls einem Menschengedränge Stand halten sollen und die grössten Belastungen der Wagenachsen mit 10000 Kilogr. oder die Einzeldrücke der Räder mit 5000 Kilogr. nicht wohl überschritten werden dürften.

Es wird noch bemerkt, dass bei Canalbrücken oder Aquaducten aller Art, sich die grösste gleichförmig vertheilte Last nach der im Aquaduct stehenden grössten Wassermenge bestimmt.

ad γ) *Zufällige Belastung für Gehstege und Ziehwege.*

Die Gehstege für den öffentlichen Verkehr müssen immer auch für die grösste Belastung durch Menschengedränge construirt sein; es sind also die vorstehend für Strassenbrücken festgestellten Belastungen in Rechnung zu ziehen, nur hat man bei der Construction der Details des Gehweges nicht auf stellenweise concentrirte Belastungen, wie sie bei schweren Fuhrwerken vorkommen, Rücksicht zu nehmen, sondern es genügt die Annahme einer gleichförmig vertheilten Last. Ebenso ist bei Objecten in öffentlichen Gärten und Parkanlagen eine Belastung von 400 Kilogr. auf den Quadratmeter anzunehmen, dagegen kann in Privatgärten oder bei Verbindungsbrücken zweier Gebäude, die nicht für den öffentlichen Verkehr bestimmt sind, leichter construirt werden, je nach dem Zwecke, dem gedient werden soll. Man darf in solchen Fällen immerhin bis 200 Kilogr. auf den Quadratmeter, gleich 36 Zollpfund auf den deutschen Quadratfuss, gleich 12,8 Wiener-Centner auf den Wiener-Quadratfuss zurückgehen, und unter Umständen selbst noch weiter, nämlich auf 140 Kilogr. auf den Quadratmeter, gleich 25 Zollpfunde auf den deutschen Quadratfuss oder 9 Wiener-Centner auf die Quadratklafter.

Für Ziehwege oder sogenannte Treppelwege längs Flüssen und Canälen, welche keinen andern Zweck haben, als den Ziehpferden und der Bedienungsmannschaft den Verkehr möglich zu machen und auf welchen selten, und selbst dann immer nur leichte Fuhrwerke verkehren, wie sie bei der Landwirthschaft gebräuchlich sind, genügt es für Brücken die grösste zufällige Last mit 150 Kilogr. auf den Quadratmeter oder mit 27 Pfund auf den Quadratfuss in Rechnung zu ziehen. In Städten jedoch, wo die Möglichkeit einer Belastung durch Menschengedränge vorhanden ist, muss auch bei Brücken für Ziehwege die grösste zufällige Last mit 400 Kilogr. für den Quadratmeter Brückenfläche der Festigkeitsberechnung zu Grunde gelegt werden.

III.

Eigengewicht einer Brücke.

Das Eigengewicht einer Brücke hängt von drei Factoren ab, nämlich:

1. von der Last, welche dieselbe zu tragen hat,

2. von der Grösse der Inanspruchnahme des Materials, aus welcher dieselbe besteht, und

3. von den mehr oder minder günstigen oder zweckmässigen Abmessungsverhältnissen der Details derselben.

Der erste Factor, die zu tragende Last, wurde vorstehend unter II. bereits besprochen, die beiden andern Factoren jedoch sollen hier erörtert werden.

Was den Hauptfactor, die Inanspruchnahme des Materials betrifft, so ist die Frage zu beantworten:

„Mit wie viel Kraft darf die Quadrateinheit des Querschnittes irgend eines Trägers aus einem gegebenen Material angestrengt werden, damit derselbe bei einer möglichst geringen Masse eine möglichst grosse Dauerzeit verspricht?"

Beim Bau von Brückenträgern hat man es immer nur mit elastischem Holz- und Eisenmaterial zu thun, und der erste Grundsatz bei der Construction solcher Träger ist: Die Massen der Constructionsmaterialien müssen immer so bestimmt werden, dass die an und in denselben wirkenden Kräfte (Spannungen, Pressungen und Schubkräfte) nicht im Stande sind, die Elasticitätskräfte derselben zu überwinden. Nun lehrt aber die Erfahrung, dass bei fortwährender Anstrengung der Materialmassen bis zur Elasticitätsgrenze, diese letztere sich ändert, dass die Elasticitätskräfte abnehmen, also die Elasticität geringer wird; man sagt dann, das Material ermüdet. Daraus folgt, dass nicht die ganze Elasticität der Materialien, sondern nur ein Theil derselben in Anspruch genommen werden darf. Wie gross dieser Theil sein darf, kann nur durch die Erfahrung ermittelt werden, und sind die Ansichten darüber leider noch ziemlich verschieden. Dieser Theil der in Anspruch zu nehmenden Elasticitätskräfte wird bei ein und demselben Material verschieden sein müssen, je nach der Wirkungsart der thätigen äusseren Kräfte und hängt endlich auch von den mehr oder weniger schädlichen Einwirkungen ab, welche die Atmosphäre und die Temperaturveränderungen auf die zu verwendenden Materialmassen ausüben.

Ueber die Festigkeit der hauptsächlich zur Verwendung kommenden Baumaterialien wurden die ausgedehntesten Versuche angestellt und man hat ziem-

lich sichere Resultate über absolute, relative, rückwirkende und Torsionsfestigkeit erhalten; weniger sicher sind die bis jetzt gemachten Versuche über die Festigkeit gegen das Zerknicken und gegen das Abscheeren, auch ist man noch nicht in der Lage die Elasticitätsgrenzen genau zu kennen, obschon gerade diese Elasticitätsgrenzen bei der Beurtheilung der Sicherheit oder vielmehr Uebersicherheit massgebend sind. Dieselben wurden jedoch immerhin genau genug bestimmt, um für die Praxis genügende Anhaltspunkte zu bieten, da ja ohnehin das Material nicht bis zur Grenze angestrengt werden darf. Wenn es sich um die Angabe der Uebersicherheit handelt, welche eine Construction bietet, so wird in der Regel die Bruchgrenze als Massstab angenommen und man sagt, die Construction biete eine fünf-, sechs-, acht- oder zehnfache Sicherheit, wenn man die fünf-, sechs-, acht- oder zehnfache Last aufbringen müsste, um den sofortigen Bruch zu bewerkstelligen. Diese Bezeichnung ist jedoch eine unrichtige, indem eine wirkliche Sicherheit nur so lange vorhanden ist, als das Material nicht über die demselben eigene Elasticitätsgrenze angestrengt wird, denn sobald einmal die Elasticitätsgrenze überschritten ist, nehmen die Atome bleibend eine andere Lage an; der ursprüngliche Cohäsionszustand des Materials wird dann durch die wirkenden Kräfte geändert, und wenn sie in derselben Weise fortwirken, so wird die Cohäsion eben immer und immer vermindert, je nach Umständen mehr oder weniger langsam, bis endlich die gänzliche Trennung der Theile erfolgt. Diese Trennung oder der Bruch ist somit immer nur eine Frage der Zeit, sobald einmal die Elasticitätsgrenze des Materials überschritten ist. Um die Sicherheit, welche eine Construction bietet, in Zahlen auszudrücken, darf man daher nicht die Zahl nennen, welche mit der Traglast multiplicirt, die Bruchlast ergibt, das ist diejenige Last, welche die sofortige Trennung der Theile bewirkt, sondern diejenige Zahl, welche mit der Traglast multiplicirt, die Elasticitätsgrenze ergibt; man darf daher nicht den Bruchcoefficienten als Grundzahl nehmen, sondern denjenigen, welcher der Elasticitätsgrenze entspricht. Für ein gutes Schmiedeisen z. B. ist der Mittelwerth des Bruchcoefficienten 42 K. für den Quadratmillimeter, und für die Elasticitätsgrenze 16 K., strengt man nun bei einer Construction das Eisen mit 6, 7 oder 8 K. auf den Quadratmillimeter an, so kann man nur sagen die Construction hat eine 2,7fache, 2,3fache oder zweifache, nicht aber eine 7fache, 6fache oder 5,3fache Sicherheit; jedoch am richtigsten bleibt es immer, wenn man sagt: das Material ist mit so und so viel Kraft auf die Flächeneinheit in Anspruch genommen.

Es ist allgemein bekannt, dass das Zerreissen der Fasern der besseren und besten Eisensorten bei einer Anstrengung erfolgt, welche zwischen 38 Kilogr. und 43,5 Kilogr. für den Quadratmillimeter Querschnitt beträgt, dass aber schon bei einer Anstrengung von 16 Kilogr. höchstens 18 Kilogr. die Elasticitätsgrenze erreicht wird.

Wenn man nun beachtet, dass die Probeversuche immer nur mit Stücken von kleineren Dimensionen angestellt werden können, und dass bei kleineren Dimensionen das Material immer gleichartiger ist als in grossen Dimensionen, wenn bei der Fabrication auch noch so sorgfältig vorgegangen wird, und da man endlich immer nur fehlerfreie Stücke zu Proben auswählt, grosse Stücke aber im Innern mehr oder weniger fehlerhaft oder wenigstens ungleichartig sein können, ohne dass man diess von aussen bemerkt, so kann man in der Praxis für den Bruch des Materials nicht die höchsten Werthe, welche die Probeversuche ergaben, in Rechnung ziehen. Ein Eisen, das in starken geschmiedeten oder gewalzten Stücken, wie sie beim Bau von grösseren Brückenträgern vorkommen, eine durchschnittliche Festigkeit von 40 Kilogr. besitzt, muss zu den besten Eisensorten gerechnet werden, und die Elasticitätsgrenze ist keinesfalls höher als bei 18 Kil. Anstrengung für den Quadratmillimeter anzunehmen. Um aber sicher zu sein, dass bei einem zur Verwendung kommenden Eisen mit 16 K. Anspruchnahme die Elasticitätsgrenze nicht schon überschritten wird, müssen Versuche damit angestellt, oder wenn man gar keinen Zweifel mehr haben will, so muss jedes einzelne zur Verwendung gelangende Stück bis zu 16 Kilogr. angestrengt und die Elasticität wirklich erprobt werden.

Wenn diess nicht thunlich ist, so erfordert die Vorsicht bei guten Eisensorten die Elasticitätsgrenze

5*

bei 15 Kilogramm und bei gewöhnlichen Sorten bei 14 Kilogr. Anstrengung als schon erreicht zu betrachten.

Ein wie grosser Theil derjenigen Kraft, welche der Elasticität des Materials das Gleichgewicht hält, bei einer Brückenconstruction in Anspruch genommen werden darf, darüber herrscht, wie schon oben bemerkt wurde, noch grosse Verschiedenheit unter den Technikern und es wurden auch in neuester Zeit mehrere grosse Eisenconstructionen ausgeführt, bei denen sich ein ziemlich bedeutender Unterschied in der Materialinanspruchnahme nachweisen lässt. Es ist zu bedauern, dass man über die vielen interessanten Bauten, welche in den letzten drei Decennien auf dem Continente, in England und America ausgeführt wurden, keine genauen Angaben über die den Berechnungen derselben zu Grunde gelegten Eigengewichte und grössten zufälligen Lasten hat, um daraus die Anspruchnahme des Materials berechnen zu können; man muss zufrieden sein, wenn man nur einigermassen zuverlässige Angaben über die wahren Gewichte der fertigen Brücken bekommt, um daraus und mit Hülfe der aus technischen Zeitschriften zu erhebenden Dimensionen, welche übrigens oft auch nur sehr unvollständig sind, mit angenommenen zufälligen Lasten, annäherungsweise auf die Anspruchnahme des Materials und die daraus sich ergebende Sicherheit der Construction schliessen zu können *).

In England rechnet man $4^1/_2$ bis 5 Tons Anspruchnahme auf den englischen Quadratzoll, nämlich $4^1/_2$ Tons für Druck und 5 Tons für Zug, das sind 7,25 Kilogr. bis 8 Kilogr. auf den Quadratmillimeter. In America geht man bis 6 und selbst bis 7 Tons Anstrengung für den Quadratzoll oder bis $9^1/_2$ und 11 Kilogr. für den Quadratmillimeter. In Frankreich rechnet man angeblich nur auf 6 Kilogr. pro Quadratmillimeter und in Russland sollen 6 Kilogr. nicht überschritten werden; in Deutschland und Oesterreich variirt man jedoch mit der Materialinanspruchnahme zwischen 5 Kilogr. und 12 Kilogr. und es gibt sogar Constructeure, die bis zur Elasticitätsgrenze, bis zu 14 Kilogr. gehen, entweder weil sie sich keine Rechenschaft über ihre Constructionen geben, oder weil sie Laien gegenüber, welche in der Regel nur auf den Kostenpunkt sehen, die Sicherheit und Dauerzeit aber erst in zweiter Linie oder auch gar nicht betrachten, Schwindel treiben. Unter einigen solchen oberflächlichen Brückenconstructeurs scheint ein Wettrennen entstanden zu sein, bei welchem jeder Mitrennende behauptet, das von ihm gerittene Constructionssystem sei mindestens um ein Nasengewicht leichter als jede Construction eines Andern; sie geben jedoch nicht an, was für Lasten und Materialinanspruchnahmen ihren Rechnungen zu Grunde liegen; aber es ist offenbar ein grosser Unterschied, ob der Constructeur eine zufällige Last von 4000 Kilogr. auf den laufenden Meter Geleise bei einer grössten Inanspruchnahme des Materials bis zu nur 6 Kilogr. pro Quadratmillimeter in Rechnung zieht, oder ob er seine Brücke für eine Traglast von nur 2500 Kilogr. berechnet und dabei sein Material mit 10 Kilogr. oder gar 12 bis 14 Kilogr. anstrengt.

Wenn man grössere Brücken genau prüft, so findet man häufig, dass selbst bei der Annahme einer verhältnissmässig unbedeutenden zufälligen Last das Material mehr in Anspruch genommen ist, als der Constructeur angegeben hat oder als es landesüblich ist. In Frankreich wird zwar in der Regel der Berechnung eine Materialinanspruchnahme von 6 Kilogr. bis höchstens 7 Kilogr. auf den Quadratmillimeter zu Grunde gelegt, aber man begeht den Fehler, der übrigens bis in die neueste Zeit mit wenigen Ausnahmen beinahe überall begangen wurde, und nimmt bei einem aus mehreren Theilen zusammengesetzten Träger den ganzen sich ergebenden Querschnitt als tragenden oder wirksamen Querschnitt an, ohne auf die Zusammensetzung, d. h. auf die Verschwächung desselben durch die zur Verbindung nothwendigen Nietenlöcher Rücksicht zu nehmen. Diese Verschwächung ist aber sehr zu berücksichtigen und wird um so fühlbarer, je grösser der Träger wird, insbesondere wenn, wie dies eben in Frankreich üblich ist, die Nieten sehr nahe zusammengestellt und zuweilen mehr Nieten angebracht werden als absolut nothwendig sind, also die Trägerquerschnitte mehr als nothwendig verschwächt werden.

Eine nähere Untersuchung ergibt dann, dass das Material nicht mit 6 Kilogr., wie angegeben ist,

*) Eine erwähnenswerthe Ausnahme machen die Veröffentlichungen über die Rheinbrücke bei Coblenz von Herrn Hartwich in der Berliner Bauzeitung Jahrgang 1864.

sondern mit 7 bis 8 und sogar mit 8,5 Kilogr. in Anspruch genommen wird*).

Bei Kettenbrücken hat man von jeher und aller Orten eine Anspruchnahme des Materials bis zu 10 und 11 Kilogr. auf den Quadratmillimeter als erlaubt betrachtet, obschon man bei Ketten eigentlich vorsichtiger sein sollte, da dieselben beweglich sind, sich leicht in wellenförmige Bewegungen setzen, welche Stösse erzeugen, die sehr gefährlich werden können. Die Kette ist in ihrem ganzen Querschnitte gleichförmig mit der ihr zugemutheten hohen Spannung angestrengt, während bei einem Balkenträger, insbesondere Blechträger, nur die äussersten Fasern der grössten Spannung oder Pressung zu widerstehen haben und diejenigen, welche der neutralen Achse näher liegen, verhältnissmässig weniger angestrengt sind. Es ist daher eine Ungereimtheit, wenn man eine Kette, deren Querschnitt gleichförmig mit 10 oder 11 Kilogr. in Anspruch genommen und dabei Wellenbewegungen und Stössen ausgesetzt ist, wie sie bei festen Brücken gar nie vorkommen, für stark genug erklärt, dagegen einen Balkenträger, bei welchem nur die äussersten Fasern mit 7 bis 8 Kilogr. angestrengt werden, für zu schwach hält. Da nun meist von der irrigen Ansicht ausgegangen wird, man dürfe bei Hängebrücken eine grössere Anspruchnahme des Materials in Rechnung ziehen als bei Balkenbrücken, weil man also bei Vergleichung solcher Brücken ungleiche Materialinanspruchnahmen zu Grunde legt, so ergibt sich bei ersteren scheinbar ein so grosser Vortheil gegen letztere; dieser Vortheil schwindet aber, sobald man beiden Systemen gleiche Gerechtigkeit widerfahren lässt, sobald man nämlich festsetzt, dass das Material beider gleich stark in Anspruch genommen werden soll.

*) Diess ist z. B. bei der Brücke über die Garonne bei Bordeaux der Fall. Wenn man die vom Constructeur der Berechnung unterlegte grösste zufällige Last von 4000 K. für den laufenden Meter Geleise, sowie das wirkliche Eigengewicht der ausgeführten Brücke, aber nicht den ganzen, sondern nur den wirksamen Querschnitt der Träger, nach Abzug der Nietlöcher in Betrachtung zieht, so ergibt sich eine Anspruchnahme der Gürtungen über den Pfeilern von $8\frac{1}{2}$ K. Diese Brücke hat jedoch die vorschriftsmässigen Proben gut bestanden und hat sich seit sie im Betriebe steht (1860) vollkommen gut gehalten. Von vielen eisernen Brücken lässt sich ähnliches nachweisen.

Eine grössere Inanspruchnahme der Kettenglieder als diejenige der Constructionstheile einer Balkenbrücke liesse sich nur dadurch rechtfertigen, dass man sagt, zu den Ketten wird nicht nur das vorzüglichste Material verwendet, sondern es wird auch jedes einzelne Glied vor seiner Verwendung einer Probe unterworfen, ob es wirklich die ihm zugemuthete Last zu tragen im Stande ist; aber selbst dieser Grund fällt hinweg, sobald man bei dem Bau der Balkenbrücken ebenso vorgeht und jedes einzelne Stück einer Probe unterzieht wie dies neuerdings auch schon geschehen ist *).

Zur Vergleichung zweier Brückenprojecte in Bezug auf ihre gegenseitigen Vorzüge oder Nachtheile, der Dauerhaftigkeit und Herstellungskosten, genügt es nach dem Vorstehenden nicht, nur die Gesammtgewichte derselben zu kennen, um daraus ein richtiges Urtheil zu schöpfen, sondern es muss mathematisch genau nachgewiesen sein, wie sehr jeder einzelne Constructionstheil bei einer festgesetzten grössten zufälligen Belastung in Anspruch genommen ist, denn nur bei gleichen Inanspruchnahmen des Materials können verschiedene Constructionen richtig miteinander verglichen werden; es wird dann derjenigen der Vorzug einzuräumen sein, welche bei Gewährung der verlangten Sicherheit allen übrigen sonst noch gestellten Bedingungen entspricht, und dabei das geringste Gewicht hat, also am wenigsten Material erfordert und am billigsten herzustellen ist. Der Kostenpunkt steht somit immer erst in zweiter, die verlangte Sicherheit dagegen in erster Reihe.

Bei öffentlichen Ausschreibungen für Concurspläne zu grösseren Brückenbauten wird selten eine bestimmte Inanspruchnahme des Materials festgesetzt, sondern in der Regel nur ganz allgemein gesagt „die Brücke müsse eine bestimmte Probelast zu tragen im Stande sein," oder es dürfe bei der festgesetzten Probelast „kein Theil der Brücke eine schädliche Alteration erleiden," oder es wird sonst eine vage Bestimmung aufgestellt, die dem Constructeur den weitesten Spielraum lässt, da solchen ungewissen Bestimmungen innerhalb sehr weiter Grenzen entsprochen werden kann und dann der Kostenpunkt den Ausschlag zu geben pflegt. Da aber durch er-

*) Bei dem Bau der Rheinbrücke nächst Mainz.

höhte Ansprnchnahme an Material gespart, und dadurch die Kosten gemindert werden, so kann ein weniger gewissenhafter Constructeur leicht den Sieg erringen, da die Concursbedingungen keine Grenze der Materalinansprnchnahme festsetzen, wenn seine Brücke nur so construirt ist, dass sie die festgetzte Probelast trägt und etwa während einer im Programm festgesetzten, jedoch in der Regel sehr kurz bemessenen Zeit ebenfalls ihrem Zwecke entspricht. Daher kommt es auch, dass die Gewichte von Brückenconstructionen über gleiche Lichtweiten ungemein differiren und dass zuweilen die Längeneinheit einer Brücke von geringerer Spannweite viel schwerer ist als die Längeneinheit einer solchen von grösserer Weite. Vor allem sind also die Concursprogramme bestimmt abzufassen, damit weder dem Ingenieur bei Verfassung seines Projectes, noch den Preisrichtern bei Beurtheilung der Preiswürdigkeit desselben ein unbemessener Spielraum gelassen wird. —

Da es nun aber Thatsache ist, dass Brücken, deren Material mit 9 bis 10 Kilogr. auf den Quadrat-Millimeter in Anspruch genommen wird, bestehen und schon mehrere Jahre ihrem Zwecke entsprechen, so ist nicht zulässig zu sagen, dieselben seien zu schwach construirt, aber die Erfahrung muss erst zeigen wie gross die Dauerzeit einer solchen Construction gegenüber einer andern ist, deren Material nur mit 8 Kilogr., mit 7 Kilogr. oder gar nur mit 6 Kilogr. angestrengt wurde, und daraus muss sich dann ergeben, welche Inanspruchnahme die ökonomisch vortheihafteste ist.

Um eine Gleichförmigkeit der Materialinanspruchnahme bei verschiedenen Eisenconstructionen mit Berücksichtigung der freien Auflagerweiten der Brückenträger zu erhalten, hat der sehr erfahrene Ingenieur Herr Gerber den Vorschlag gemacht, man solle die Brückenträger so stark construriren, dass ihr Eigengewicht, mehr der dreifachen grössten zufälligen Belastung, die Spannung in denselben auf die Elasticitätsgrenze bringe, welche er bei 16 Kilogr. Anspruchnahme auf den Quadratmillimeter erst als erreicht annimmt, und hat viele Brücken des Pauli'schen Systems nach diesem Grundsatze ausgeführt.

Bezeichnet man mit q das permanente oder Eigengweicht eines Trägers für den laufenden Meter mit k die grösste zufällige Last und mit $\mathfrak{S}_{(m)}$ die bei ungünstigster Belastung des Trägers in demselben stattfindende Maximalspannung, so verhält sich hiernach:

$$\mathfrak{S}_{(m)} : (q + k) = 16 : (q + 3k),$$

woraus sich ergibt:

$$\mathfrak{S}_{(m)} = \frac{16(q+k)}{q+3k} \text{ und } \frac{q}{k} = \frac{3\mathfrak{S}_{(m)} - 16}{16 - \mathfrak{S}_{(m)}} \quad \ldots\ldots (1).$$

Es geht aus dieser Formel hervor, dass für kleine Spannweiten, für welche die bewegte zufällige Last K im Verhältnisse zum Eigengewichte q bedeutend ist, die Spannungsintensitäten $\mathfrak{S}_{(m)}$ kleiner werden als für grosse Spannweiten, bei welchen das Eigengewicht q überwiegend ist, somit der Stosswirkung der bewegten Last eine grössere Masse entgegen stellt. Für sehr kleine Brücken, bei welchen man das Eigengewicht q im Vergleiche mit K ganz vernachlässigen, also $q = 0$ setzen kann, erhält man $\mathfrak{S}_{(m)} = \frac{16}{3} = 5{,}333$ Kilogr. für den Quadratmillimeter, während man für grosse Brücken, z. B. für 90 bis 100 Meter Spannweite, bei welchen das Verhältniss $\frac{q}{k}$ etwa gleich 1 ist, die grösste Spannungsintensität $\mathfrak{S}_{(m)} = 8$ Kilogr. für den Quadrat-Millimeter erhält.

So richtig im Allgemeinen der hier ausgesprochene Grundsatz ist, dass die Materialmassen einer Brücke in einem entsprechenden Verhältnisse zu den Stosswirkungen der bewegten Lasten stehen sollen, so ist doch meiner Ansicht nach die von Herrn Gerber gemachte Annahme nicht vollständig begründet, denn abgesehen davon, dass bei grösseren Spannweiten als 100 Meter sich die Spannungsintensität $\mathfrak{S}_{(m)}$ noch mehr erhöht und bei 150 Meter Lichtweite schon etwa 10 Kilogr. beträgt, was unstreitig für eine lange Dauerzeit zu viel sein dürfte, wäre noch nachzuweisen, dass die Stosswirkung der bewegten Last gerade ihrem dreifachen Gewichte proportional ist, warum nicht dem $3\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ oder 4fachen Gewichte derselben? — Aber auch angenommen, die Stosswirkung sei dem dreifachen Gewichte der bewegten Last proportional, so ist es nicht zulässig das Material bis zur Elasticitätsgrenze, also bis 16 Kilogr., anzustrengen, denn sobald diese einmal erreicht wird so leidet das Material schon Noth;

man müsste also jedenfalls die grösste Spannungsintensität innerhalb der Elasticitätsgrenze, etwa bei 14 Kilogr. auf den Quadrat Millimeter halten.

Der Grundsatz, das Material je nach Art und Weise der auf dasselbe einwirkenden Kräfte verschieden in Anspruch zu nehmen, muss als richtig anerkannt werden. Daraus folgt, dass nicht alle Theile einer und derselben Construction gleich stark in Anspruch genommen werden sollen, sondern dass es rathsam ist solche Theile, welche die Kräfte direct aufzunehmen haben, also auch directen Stössen ausgesetzt sind, weniger in Anspruch zu nehmen als solche die durch Uebertragung, also indirect belastet werden, und bei welchen die etwa vorkommenden Stösse schon durch die Elasticität der ersteren unschädlich gemacht wurden; ferner ist auch zu beachten, ob ein Constructionstheil oft, vielleicht täglich oder gar stündlich und zuweilen lange anhaltend der Maximalkraft zu widerstehen hat, oder ob dies nur in seltenen Fällen und nur auf sehr kurze Zeit stattfindet.

Jeder Constructeur, der zugleich in der Lage war Bauten auszuführen, wird seine Beobachtungen und Erfahrungen machen, sie mit den Erfahrungen anderer vergleichen und sich dann ein eigenes Urtheil bezüglich der grössten zulässigen Anstrengung des Materials bilden. Bei Materialien von kurzer Dauerzeit, wie bei den verschiedenen Holzarten, kann sich der Ingenieur sehr leicht ganz sichere Erfahrungen sammeln und dieselben bei seinen Constructionen berücksichtigen; anders verhält es sich bei Materialien von sehr langer Dauerzeit, welche die Lebensdauer eines Menschen erreicht oder übersteigt, wie dies bei Eisen und Stahl der Fall ist. Bei der Anwendung solcher Materialien muss man die Erfahrungen älterer Ingenieure mit den eigenen an rationell construirten Bauten gemachten Studien über deren Verfahren vergleichen, um so nach und nach zu richtigen Erfahrungsresultaten zu gelangen.

Vor etwa 25 Jahren wurde das Gusseisen in ausgedehnter Weise zu Brückenbauten benützt, aber schon nach etwa 10 Jahren der Verwendung hat es sich gezeigt, dass man zu weit gegangen ist, und dass Gusseisen nur in solchen Fällen unbedingt als Constructionsmaterial zugelassen werden soll, wo es ausschliesslich auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen wird, dass es aber für Theile, die absolut oder relativ angestrengt, oder bald gezogen bald gedrückt werden, keine genügende Sicherheit bietet, daher für solche Fälle nicht zu verwenden ist.

Schmiedeeisen und besonders in neuester Zeit auch Stahl finden dagegen bei Brückenbauten die mannigfachste Verwendung und sind im Stande allen möglichen Arten von Kräftewirkungen auf lange Dauer zu widerstehen. Untersucht man nun rationell construirte und mit Sorgfalt ausgeführte Brücken, so findet man meistens, dass das Material derselben mit 6 Kilogr. bis 8 Kilogr., bei einigen Constructionstheilen derselben sogar nur mit 5 Kilogr. per Quadratmillimeter in Anspruch genommen wird. Ueber die Dauerzeit solcher rationell und solid ausgeführten Constructionen liegen aber noch keine Erfahrungen vor. Bei Kettenbrücken hat man jedoch schon in Frankreich und America die unliebsame Erfahrung gemacht, dass eine Anspruchnahme von 10 Kilogr. und mehr, insbesondere wenn die Unterhaltung der Brücken auch noch vernachlässigt wird, eine zu grosse ist, denn solche Brücken zeigten nicht nur eine kurze Dauerzeit (von nur etwa 20 bis 30 Jahren), sondern haben auch schon einige mit traurigen Katastrophen geendigt. Ueber die Anspruchnahme und Dauerhaftigkeit des Stahles bei Brückenträgern liegen, mit Ausnahme einiger kleiner Kettenstege, noch gar keine Erfahrungen vor, da jedoch im Maschinenbau der Stahl und insbesondere der Gussstahl schon seit längerer Zeit sehr umfangreich verwendet wird, so lässt sich aus den daselbst gemachten Erfahrungen sicher schliessen, dass die Dauerzeit eine längere als die des Schmied- und Walzeisens ist, und dass derselbe bedeutend mehr angestrengt werden darf.

Meine Ansicht bezüglich der Materialienanspruchnahme bei Bauten geht dahin:

Bei den Constructionstheilen einer Brücke aus Schmied- oder Walzeisen, welche die bewegten Lasten direct aufzunehmen haben und etwaigen Stössen ausgesetzt sind, wie z. B. bei Längen- und Querträgern, auf welchen das Fahrgeleise liegt, ist das Eisenmaterial nur mit 6 Kilogr. auf den Quadratmillimeter in Anspruch zu nehmen, bei allen andern Constructionstheilen, welche ihre Last indirect durch die erstge-

nannten Theile übertragen erhalten, welche also keinen directen Stössen, sondern immer nur weniger schädlichen Vibrationen ausgesetzt sind, ist eine Anspruchnahme des Materials mit 8 Kilogr. auf den Quadratmillimeter sehr wohl zulässig.

Bei Trägern, die bloss ruhende Lasten zu tragen haben, die also weder Stössen noch Vibrationen ausgesetzt sind, wie sie bei Hochbauten häufig Anwendung finden, sollen gewöhnliche Eisensorten, wenn dieselben nicht einer besonderen Probe unterworfen werden können, ebenfalls nur mit 8 Kilogr. angestrengt werden; bei Eisen bester Qualität dagegen, und wenn dasselbe vor der Verwendung erprobt wurde, kann man die Inanspruchnahme unbesorgt bis 9 Kilogr. und bei Dachstühlen, wo die grösste zufällige Last nur zeitweise und ebenfalls ohne Stoss wirkt, (bei Schneefall) selbst bis 11 Kilogr. steigern. Für definitive Bauten scheint eine grössere Anstrengung des Eisens, selbst wenn es von der besten Beschaffenheit ist, durchaus nicht rathsam zu sein, da der Elasticitätsmodul *(E)* in der Nähe der Elasticitätsgrenze nach einem allerdings noch nicht bestimmten Gesetze, schnell ab, die Unsicherheit einer Construction daher in demselben Verhältnisse zunimmt.

In allen Fällen darf jedoch nur der wirksame oder tragende Querschnitt in Rechnung gezogen, es müssen also vom ganzen Querschnitte alle durch Bohrungen oder wie immer entstehenden Verschwächungen desselben in Abzug gebracht werden; endlich soll in allen Fällen, in welchen das Eisen über 8 Kilogr. angestrengt wird, jedes einzelne Stück bezüglich seiner Elasticität einer Probe unterworfen werden.

Bei vorübergehenden Verwendungen, wie bei allen ephemeren Bauten und bei Gerüstungen kann das Schmied- und Walzeisen immer mit 10 Kilogr. bis 12 Kilogr. auf den Quadratmillimeter angestrengt werden. Drahtseile, bei welchen der Draht zuvor erprobt wurde, dürfen für definitive Bauten bei constanter Maximalbelastung mit 10 Kilogr., wenn die letztere jedoch nur zeitweilig ohne Stoss und nicht lange anhaltend wirkt, mit 12 Kilogramm, für vorübergehende Zwecke jedoch bis 16 Kilogr. angestrengt werden. Stahl darf je nach Beschaffenheit und Verwendung mit 12 Kilogr. bis 18 Kilogr., Gusstahl aber bis 30 Kilogr. auf den Quadratmillimeter in Anspruch genommen werden. Gusseisen, das überhaupt nur Druckkräften Widerstand leisten soll, darf mit 14 Kilogr. bis 16 Kilogr. angestrengt werden, während ihm für den Zug mit Sicherheit nur 3 Kilogr. zugemuthet werden sollen.

Bei Holz darf man sich mit der Inanspruchnahme der Elasticitätsgrenze verhältnissmässig nicht so sehr nähern wie bei den Metallen, da dasselbe von Natur aus in seiner Masse viel ungleichförmiger und der Verwitterung oder Faulniss, überhaupt der Zerstörung durch atmosphärische Einflüsse und thierische Organismen sehr ausgesetzt ist und die Cohäsionskraft seiner Massentheilchen ungemein schnell abnimmt. Während man sich bei Metallen auf 0,5 bis 0,7 der Elasticitätsgrenze nähern darf, ist dies bei Holz nur auf 0.3 bis 0.4, in Ausnahmsfällen bis 0,5 derselben zulässig.

IV.

Bei gleicher Materialinanspruchnahme müssten unter sonst gleichen Verhältnissen die Brücken eines und desselben Systems für gleich grosse Spannweiten gleiche Eigengewichte haben, da aber die Constructionsbedingungen in der Regel sehr verschieden sind, und die ganze Anordnung der Einzeltheile einer Brücke nicht immer so geschehen kann, wie sie eine möglichst ökonomische Materialvertheilung verlangt, so differiren auch die Eigengewichte gleicher Trägersysteme für gleich grosse Spannweiten mehr oder weniger, denn selbst wenn das Material den Kräftewirkungen entsprechend ganz richtig vertheilt, die Construction also eine rationelle ist, so hängt es jeweils von den örtlichen Verhältnissen ab, ob man für die Hauptträger, so wie für die Hülfs- und Zwischenconstructionstheile, die für die Materialersparniss vortheilhaftesten Anordnungen wählen kann oder nicht, da gerade diese einen nicht unwesentlichen Einfluss auf das grössere oder geringere Gewicht einer Construction haben.

Wie bekannt, hängt das Tragvermögen eines Körpers wesentlich von dem Trägheitsmomente seines Querschnittes ab, dieses aber wieder von der dritten Potenz der Höhendimension desselben; wenn es also die Ortsverhältnisse gestatten einen Träger entsprechend hoch zu machen, und wenn die Querschnittsdimensionen der Art sind, dass die grössten Materialmassen möglichst entfernt von einander und von der

Neutralachse liegen, so wird er bei gleicher Tragfähigkeit und Materialinanspruchnahme ein geringeres Eigengewicht haben und sich weniger durchbiegen, als ein anderer Träger, der eine geringere Höhe hat und bei welchem man genöthigt war die Materialmassen der Neutralachse seines Querschnittes näher zu legen. Eben so werden sich die Hülfs- und Zwischenconstructionen vereinfachen, wenn man die Brückenbahnen direct auf die Träger legen kann, dagegen vermehren, wenn dieselben dazwischen gelegt oder unten angehängt werden müssen. Das für die Materialvertheilung horizontaler Balkenträger günstigste Verhältniss der Höhe zur Länge derselben ist $h : l = 1 : 10$. Wird die Höhe des Trägers grösser genommen als $^1/_{10}\ l$, so werden zwar die Gurtungsquerschnitte etwas schwächer, weil die Trägheitsmomente wachsen, dafür aber ist das zwischenliegende Strebensystem der vergrösserten Höhe wegen stärker zu machen und wird mehr Material zu den Querverbindungen gebraucht, um die nöthige Steifigkeit gegen seitliches Ausbiegen zu erhalten. Macht man die Tragwände niedriger als $^1/_{10}\ l$, so kann etwas am Strebensystem und an den Querverbindungen erspart werden, dagegen wachsen die Gurtungsquerschnitte sehr rasch mit der Abnahme der Höhe. Wo es immer möglich ist, soll das Verhältniss der Höhe zur Länge eines Trägers, $h : l = 1 : 10$, als das ökonomisch vortheilhafteste festgehalten werden.

Wenn man nun von einer grossen Anzahl rationell construirter und ausgeführter Brücken der verschiedensten Spannweiten die Gewichte erheben und sie nach den erstern geordnet zusammenstellen würde, so wäre aus einer solchen Tabelle für irgend einen Fall direct oder durch Interpolation immer ein Gewicht zu entnehmen, welches bei einer in Frage stehenden Construction als sehr nahe richtiges Eigengewicht in Rechnung gezogen werden könnte. Wie aber schon bemerkt, müsste man immer auch die näheren Verhältnisse kennen, für welche eine Brücke construirt wurde, und wie sehr das Material in Anspruch genommen ist, um richtig urtheilen zu können. Man könnte dann alle Gewichte für Brücken von gleicher Spannweite zusammenstellen, und ein Durchschnittsgewicht für dieselben ermitteln, hierauf die so gefundenen Mittelwerthe als Ordinaten für die als Abscissen verzeichneten Spannweiten auftragen, wodurch sich eine Curve oder gebrochene Linie ergäbe, welche die Gewichte eiserner Brücken für jede beliebige Spannweite innerhalb der bis jetzt zur Ausführung gekommenen Maximalspannweiten zur Anschauung brächte. — Ich habe versucht eine solche Zusammenstellung zu machen, bin aber auf grosse Schwierigkeiten gestossen, und konnte nur in den wenigsten Fällen sichere Angaben über die grösste zufällige Belastung, so wie über die bei derselben stattfindende Materialinanspruchnahme erhalten, wesshalb ich genöthigt war, diese beiden Hauptrubriken aus der unten folgenden tabellarischen Zusammenstellung über die Gewichte von 332 ausgeführten eisernen Brücken der verschiedensten Systeme wegzulassen. Besonders interessant würde es sein, wenn man nicht nur die Gesammtgewichte der Brücken, sondern auch die Einzelgewichte der Theile derselben, z. B. der Hauptträger, und bei diesen wieder getrennt die Gewichte für Gurtungen und für die zwischen liegenden Fachwerk- oder Gittersysteme, ferner der Querträger und Querverbindungen u. s. w. hätte zusammenstellen können, um bei gleichartigen Systemen die ähnlichen Constructionstheile in Procenten des Gesammtgewichtes auszudrücken; aber dies war leider noch weniger möglich.

Die tabellarische Zusammenstellung auf Seite 44 u. s. w. dieses Aufsatzes gibt in den zehn Abtheilungen, welche sie enthält, nicht alle für den Techniker wünschenswerthen Daten über die darin aufgeführten Objecte, dürfte aber immerhin für manchen derselben nicht ohne Interesse sein.

Die erste Abtheilung bezeichnet die Reihenfolge; in der zweiten sind der Name und Standort, so wie eine kurze Angabe des Constructionssystems mit der Anordnung der Haupt- und Hülfsconstructionen gegeben. Die 3. und 4. Abtheilung geben die Bauzeit und den Constructeur des Objectes an, soweit sie ermittelt werden konnten. Die Abtheilung 6 enthält die lichten Spannweiten der Oeffnungen in drei Massen, nämlich in Metermass, deutschen und österreichischen Fussen. Es wird hier besonders bemerkt, dass die eingeschriebenen Masse nicht die Länge der Brückenträger, auch nicht die genauen Auflager oder Stützweiten, sondern lediglich die nutzbaren Lichtweiten in der Höhe der Auflager angeben, da bei Ueberbrückungen nur diese letzteren mass-

gebend sind. Die Abtheilung 7 gibt die Höhe der Brückenträger ebenfalls in den drei genannten Massen; Abtheilung 8 enthält das Gesammtgewicht der Eisenconstruction ohne Oberbau (Fahrbahn und Bedielung) und zwar in Zoll-Centnern zu 50 Kilogr. und in Wiener-Centnern zu 56 Kilogr. Die Abtheilung 9 gibt das Eigengewicht der Eisenconstruction (ohne Oberbau und Bedielung) für die Längeneinheit der unter Abtheilung 6 gegebenen nutzbaren Lichtweite für ein oder zwei Geleise berechnet, und zwar für den laufenden Meter in Kilogr., für den deutschen Fuss in Zoll-Centnern und für den Wiener-Fuss in Wiener-Centnern.

Die Reduction der Gesammtgewichte auf die Einheit der nutzbaren Lichtweite ist die allein richtige zur Beurtheilung der Leichtigkeit einer Brücke, denn die Grösse einer Brücke wird ja nach den lichten Oeffnungen derselben bestimmt, und nicht nach den Längen der darübergelegten Träger, die auch zwecklos verlängert sein können, wie dies bei vielen Brücken wirklich der Fall ist; bei einer rationellen Construction sollen aber die Auflagerlängen der Hauptträger auf den Widerlagern, und die Zwischenstützen oder Pfeiler nur gerade so lang oder so breit gemacht werden, als es durchaus nothwendig ist. Die Abtheilung 10 endlich erhält Bemerkungen und Skizzen, theils über die Situation (ob schief, oder rechtwinklich), theils über die Anordnungen der Fahrbahnen und ergänzt in manchen Fällen die zweite Abtheilung.

Aus denselben Gründen, aus welchen die Angaben über die zufällige Last, für welche die Brücken construirt sind, und über die Materialinanspruchnahme in dieser Zusammenstellung nicht berücksichtigt werden konnten, nämlich theils wegen Unzuverlässigkeit der Daten, theils wegen gänzlichem Mangel derselben, konnte auch über das Verhalten der Construction bei den Proben und namentlich über die Einsenkungen der Träger keine Rubrik ausgefüllt werden, die einen wirklichen Werth für den Techniker gehabt hätte, denn nur wenn alle oben angeführten Daten genau bekannt sind, kann die Einsenkung der Construction unter einer bestimmten Last ein Massstab für die mehr oder minder sorgfältige Ausführung sein; fehlt ein Factor, so hat auch die Angabe der Einsenkung keinen besonderen Werth mehr, ausser sie wäre so extravagant, dass man die Construction von vorn herein als ungenügend zu erklären berechtigt wäre. Bei gleicher Inanspruchnahme des Materials, bei gleicher Belastung und unter sonst gleichen Verhältnissen, namentlich gleicher Höhe, gibt aber die Einsenkung der Träger immer einen richtigen Massstab für die Beurtheilung der praktischen Ausführung derselben; bei ungleicher Höhe jedoch wird sich der niedrigere immer mehr einschlagen als der höhere, wenn schon der erstere dieselbe Sicherheit bietet, und dessen Material nicht mehr in Anspruch genommen wird als das des letzteren.

Wie aus nachstehender Tabelle zu ersehen, differiren die Gewichte der verschiedenen Brücken bei ein und derselben Spannweite ungemein stark, so dass es gar nicht möglich ist hieraus eine Gewichtscurve zu construiren, wenn man alle Objecte berücksichtigen will. Besonders verschieden zeigen sich die Gewichte der Brücken für grosse Spannweiten, so dass die daraus construirte Gewichtslinie keine regelmässige Curve, sondern eine vielfach gebrochene auf und absteigende Linie darstellt. Dies lässt auf eine grosse Verschiedenheit und theilweise Unsicherheit in den Grundsätzen schliessen, nach welchen construirt wurde da an diesen grossen Gewichtsdifferenzen nicht sowohl die verschiedenen Constructionssysteme, als vielmehr die Grösse der Materialinanspruchnahme, die oft unrichtige Materialvertheilung und die Art der praktischen Ausführung derselben die Schuld tragen; denn bei näherem Studium der Einzelheiten kommt man zu der Ueberzeugung, dass die Leichtigkeit einer Construction weniger durch die Wahl des Systems, als vielmehr durch die praktische Anordnung und Ausführung der Hülfsconstructionstheile bedingt ist, also von der theoretischen Einsicht und Constructionspraxis des Ingenieurs abhängt.

Bei vielen in nachstehender Zusammenstellung enthaltenen Brücken lässt sich nachweisen, dass sie ganz unrichtig, gegen alle Gesetze der Theorie construirt sind, dass das Material durchaus nicht richtig, den Kräftewirkungen des Systems entsprechend vertheilt ist. Solche Brückenconstructionen gewähren dann trotz aller Materialverschwendung doch keine grosse Sicherheit, denn wenn dieselben nur einen ungenügenden, somit unsichern Querschnitt haben, so bildet eben dieser die Achillesverse, wenn auch alle

übrigen Theile übermässig stark gemacht wurden, und die Sicherheit der ganzen Construction ist nach dieser schwächsten Stelle zu beurtheilen. Es ist also der von einigen Ingenieuren aufgestellte Grundsatz „eine Brücke sei um so dauerhafter je mehr Masse sie habe," nur dann richtig, wenn diese Masse den Kräftewirkungen entsprechend vertheilt und überall gleich wenig in Anspruch genommen wird, nicht aber dann, wenn einige Theile der Construction bis zur Elasticitätsgrenze, andere wieder beinahe gar nicht angestrengt werden; denn in einem solchen Falle bilden die übermässig starken Theile nur eine todte Last für die verhältnissmässig schwachen Theile, und diese letzteren würden weniger angestrengt sein, wenn sie eben dieses unnütze Mehrgewicht der zu starken Theile nicht auch noch mitzutragen hätten.

Andere Ingenieure legen wieder der einfacheren Ausführung wegen einen besonders grossen Werth auf die Gleichförmigkeit der Construction und behaupten, das Mehrgewicht werde im Kostenpuncte durch den geringeren Arbeitslohn aufgehoben. Dies kann bei kleinen Brücken etwa zugestanden werden, aber durchaus nicht bei grossen, bei welchen durch eine richtige Zu- und Abnahme der Trägerquerschnitte, wie sie durch die Kräftewirkungen bedingt ist, grosse Massen erspart werden können, deren Werth den ganzen Arbeitslohn der Construction weit übersteigt. Ein Ingenieur, der seine Brücken nach solch' unstichhältigen Grundsätzen construirt, kann füglich mit einem Würstler verglichen werden, der für verschieden dicke Därme verschieden starke Hörner hat, und je nach Bedarf oder Verlangen so und so viel Ellen von der und der Stärke ausdrückt, unterbindet und zu einer Wurst gestaltet. Abgesehen von der Handwerksmässigkeit eines solchen Verfahrens lässt dasselbe eben auch noch die Unterstellung zu, dass der Ingenieur, der so vorgeht, überhaupt nicht fähig ist rationell zu construiren.

Um nun eine Formel zur Bestimmung des annähernd richtigen Eigengewichtes, welches der ersten Berechnung einer Brückenconstruction zu Grunde gelegt werden kann, zu erhalten, ist zu beachten, dass bei Eisenbahnbrücken dieses Eigengewicht mit der Spannweite zunimmt, wogegen die grösste zufällige Belastung sich vermindert, ferner dass gewisse Constructionstheile von der Spannweite unabhängig sind, somit einen constanten Belastungsfactor bilden. Die Form einer solchen Formel wird daher sein können

$$q = m\,L + C,$$

worin bedeuten: q das Eigengewicht der Längeneinheit, L die freie Spannweite, m und C Erfahrungscoefficienten, welche aus theoretisch richtig construirten Brücken verschiedener Systeme und mit verschiedenen Anordnungen bei einer festgesetzten Materialanstrengung zu bestimmen sind.

Untersucht man selbst gut construirte Brücken, so findet man, dass der Coefficient m von 23 bis 26 wechselt, bei minder rationell construirten dagegen bis 40, 45 und noch höher steigt, während der constante Factor C zwischen 300 und 780 variirt, und sich selbst bis 900 erhebt, wenn man die Längen in Metern und die Gewichte in Kilogrammen ausdrückt. Als Mittelwerthe für rationell construirte Eisenbahn-Brücken, deren Hauptträger nie über 8 Kilogr. in Anspruch genommen, deren direct angegriffene Theile aber nur mit 6 Kilogr. angestrengt werden, kann man als Eigengewicht für die Längeneinheit und für ein Geleise setzen:

1. für Metermass und Kilogramme
   $q = 30\,.\,L^m + 550$ Kilogr. . . . . . (a)
2. für deutsche Fusse und Zollpfunde
   $q = 5{,}40\,.\,L' + 330$ Pfunde . . . . (b)
3. für Wiener-Fusse und Wiener-Pfunde
   $q = 5{,}35\,.\,L' + 310$ Pfunde . . . . (c)

(2)

Dieselben Formeln lassen sich benützen zur Bestimmung des Eigengewichtes einer Brücke für den gewöhnlichen Strassenverkehr bei einer Fahrbahnbreite von 8 Meter. Diese Formeln gelten für auf zwei Stützen frei aufliegende Brückenträger und geben Werthe, die eher zu gross als zu klein ausfallen. Gestatten die Verhältnisse nicht die vortheilhafteste Anordnung der Detailconstructionen oder die Wahl der zweckmässigsten Querschnittsdimensionen, so muss demgemäss ein entsprechender Zuschlag für das Eigengewicht gemacht, und bei continuirlichen Trägern über mehrere Oeffnungen können bis 20% abgeschlagen werden. Da vorstehende Formeln (2) nur das Eigengewicht der Eisenconstruction ohne den Oberbau und die Bedielung geben, so ist das Gewicht der letzteren noch zuzuschlagen, um die permanente Brückenlast zu erhalten. (Fortsetzung nach der folgenden Tabelle.)

Zusammenstellung der Gewichte von

1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1′ = 0,300m	Wiener Fussen 1′ = 0,31611m
1	Normalbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft; unter jedem Geleisestrang ein gewalzter Träger von I Form.	1856	Maniel	1	1,897	6,32	6,00
2	Normalbrücke der Petersburg-Warschauer Eisenbahn, für Doppelgeleise, vier gewalzte Träger in I Form unter den Fahrbahnen.	1861	Gouin	1	2,133	7,11	6,74
3	Normalbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft; unter jedem Geleisestrang ein gewalzter Träger in I Form.	1856	Maniel	1	2,945	3,18	9,0
4	Normalbrücke der Petersburg-Warschauer Eisenbahn für Doppelgeleise; vier gewalzte Träger in I Form unter den Geleisen.	1861	Gouin	1	3,200	10,66	10,12
5	Brücke über den Röthebach auf der hannoverschen Südbahn; drei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1854	Funk	1	3,506	11,68	11,09
6	Normalbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft; vier in I Form gewalzte Träger für ein darüberliegendes Geleise.	1856	Maniel	1	3,798	12,64	12,00
7	Brücke über den Dudebach auf der hannoverschen Südbahn; drei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1854	Funk	1	3,797	12,66	12,01
8	Brückthorbrücke bei Löhne auf der hannoverschen Westbahn; zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Fahrgeleise.		Funk	1	3,797	12,66	12,01
9	Brücke über den Lingener Mühlbach auf der hannoverschen Westbahn; drei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.		Funk	1	4,089	13,63	12,94
10	Brücke über den Granere Mühlbach auf der hannoverschen Westbahn, drei Blechträger für ein daraufliegendes Geleise.		Funk	1	4,137	13,79	13,09
11	Normalbrücke der Petersburg-Warschauer Eisenbahn für Doppelgeleise, unter jedem Geleisestrang ein Blechträger.	1861	Gouin	1	4,266	14,22	13,50
12	Durchgangsbrücke auf der sächsisch-bayerischen Bahn; 4 über beide Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für zwei darüberliegende Geleise.	1855	Henschel	2	2.4,388 = 8,776	2.14,63 = 29,26	2.13,88 = 27,76
13	Eine Durchgangsbrücke auf der sächsischen Staatsbahn; vier Gitterträger aus Flacheisen für zwei Geleise darüberliegend.	1852		1	4,531	15,10	14,33
14	Normalbrücke für viele Oeffnungen der sächsisch-bayerischen Bahn, vier Blechträger für zwei darüberliegende Geleise.	1855	Henschel	1	4,531	15,10	14,33
15	Brückthorbrücke bei Ellbergen auf der hannoverschen Westbahn; zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Funk	1	4,673	15,58	14,78
16	Brücke über den Höllengrund auf der hannoverschen Südbahn; drei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.		Funk	1	4,673	15,58	14,12
17	Normalbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856	Maniel	1	4,742	15,81	15,00
18	Brücke über das Rorichumer Tief auf der hannoverschen Westbahn, zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Funk	1	4,842	16,14	15,31
19	Brücke über den Leerer Osterhammerich auf der hannoverschen Westbahn, zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Funk	1	5,061	16,87	16,01
20	Brücke über den Edesheimer Bach auf der hannoverschen Südbahn, drei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.		Funk	1	5,257	17,52	16,63
21	Brücke über den Brodelbach zwischen Basel und Waldshut; zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.		Möglich	1	5,340	17,80	16,89
22	Durchgangsbrücke der sächsischen Staatsbahn, vier Gitterträger aus Flacheisen für zwei darüberliegende Geleise.	1852		1 1	5,664 5,664	18,88 18,88	17,92 17,92
23	Normalbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft; zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856	Maniel	1	5,690	18,97	18,00
24	Durchgangsbrücke auf der sächsisch-bayerischen Staatsbahn, vier Blechträger für zwei darüberliegende Geleise.	1855	Henschel	1	5,805	19,35	18,36
25	Brücke über das Eklamer Tief auf der hannoverschen Westbahn; zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Funk	1	5,840	19,46	18,46

332 ausgeführten eisernen Brücken.

7			8		9						10
Höhe der Brückenträger in			Eigengewicht der Eisenconstruction ohne Oberbau und Bedielung in		Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Netzweite) berechnet für						Bemerkungen
Meters	Deutschen Fussen	Wiener Fussen	Zoll-Ctr. 1 Ctr. = 50 Kilgr.	Wr. Ctr. 1 Ctr. = 56 Kilgr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
					für Eisenbahngeleise						
					1	2	1	2	1	2	
0,200	0,66	0,63	17,75	15,85	468	935	2,80	5,60	2,64	5,28	
0,215	0,72	0,68	24,87	22,20	583	1166	3,50	7,00	3,28	6,56	
0,260	0,87	0,82	21,50	19,20	375	—	2,27	—	2,13	—	
0,300	1,00	0,95	38,51	34,38	602	1203	3,61	7,22	3,40	6,80	
0,383	1,30	1,23	37 77	33,72	539	—	3,23	—	3,04	—	
0,260	0,87	0,82	46,33	41,37	611	—	3,66	—	3,44	—	
0,394	1,31	1,25	40,36	36,04	532	—	3,19	—	3,00	—	
0,394	1,31	1,25	61,35	54,78	808	—	4,85	—	4,56	—	
0,438	1,46	1,39	43,10	38,48	527	—	3,16	—	2,97	—	
0,438	1,46	1,39	59,40	53,03	719	—	4,31	—	4,05	—	Die Brücke ist schief unter 45°
0,355	1,16	1,12	66,05	58,97	774	1548	4,64	9,28	4,37	8,74	
0,456	1,52	1,44	95,97	85,69	274	547	1,64	3,28	1,54	3,08	
0,696	2,32	2,20	166,80	148,93	920	1840	5,52	11.04	5,20	10,40	Die obere Gurtung der Gitterträger hat eine Gussplatte mit Verticalrippe. 
0,456	1,52	1,44	45,04	40,21	249	497	1,49	2,98	1,40	2,80	
0,511	1,70	1,62	86,08	76,86	921	—	5,52	—	5,20	—	
0,511	1,70	1,62	54,48	48,64	583	—	3,50	—	3,29	—	
0,411	1,37	1,30	51,23	45,74	540	—	3,24	—	3,04	—	
0,511	1,70	1,62	83,17	74,26	859	—	5,15	—	4,85	—	
0,511	1,70	1,62	83,98	74,98	830	—	4,98	—	4,68	—	
0,553	1,84	1,75	57,73	51,55	549	—	3,29	—	3,10	—	
0,540	1,80	1,71	63,50	56,70	594	—	3,57	—	3,36	—	Die Brücke liegt im Gefälle von 1 : 912 und im Bogen mit 3970' Halbmesser.
0,702 0,702	2,34 2,34	2.22 2,22	172,08 173,23	154,44 154,66	764 765	1527 1529	4,58 4,59	9,16 9,18	4,31 4,32	8,62 8,64	Die oberen Gurtungen der Gitter haben eine Gussplatte mit Verticalrippe. 
0,504	1,68	1,60	61,31	54,74	539	—	3,24	—	3,04	—	
0,696	2,32	2,20	71,52	63,86	308	615	1,85	3,70	1,74	3,48	Die Brücke ist schief unter 49°.
0,626	2,07	1,98	102,71	91,76	879	—	5,28	—	4,96	—	

1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1'=0,31211m
26	Hasse-Fluthbrücke in Hannover; drei Blechträger für ein darüberliegendes Fahrgeleise.		Funk	1	d,840	19,46	18,48
27	Brücke über die Lutter in Hannover; zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Funk	1	5,840	19,46	18,46
28	Inundationsbrücke bei Erbach in Würtemberg; zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.			1	6,303	21,01	19,94
29	Normalbrücke der Petersburg-Warschauer Eisenbahn für Doppelgeleise; unter jedem Geleisestrang ein Blechträger.	1861	Gouin	1	6,400	21,33	20,24
30	Durchgangsbrücke auf der sächsisch-bayerischen Staatsbahn, vier Blechträger für zwei darüberliegende Geleise.	1855	Henschel	1	6,938	23,13	21,95
31	Brücke über den Fabrikcanal bei Siegen, zwischen Schaffhausen und Constanz, zwei Blechträger für ein daraufliegendes Geleise.	1863	Gerwig	1	6,855	22,85	21,05
32	Brücke über den Lathener Mühlbach in Hannover; drei Blechträger unter einem Fahrgeleise.		Funk	1	7,008	23,37	22,17
33	Inundationsbrücke bei Heilbronn in Würtemberg; zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise; die Träger sind für jede Oeffnung gesondert.	1852		1d	7,162	23,87	22,66
34	Viaduct zwischen Hilzingen und Gottmadingen in der Bahn Schaffhausen-Constanz, zwei Blechträger für ein daraufliegendes Geleise.	1863	Gerwig	1	7,290	d4,30	23,06
35	Normalbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft; zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise	1856	Maniel	1	7,586	25,28	d4,00
36	Durchgangsbrücke auf der sächsisch-baierischen Staatsbahn; vier Blechträger für zwei darüberliegende Geleise.	1855	Henschel	1	7,770	25,90	24,47
37	Blechbrücke über den Hauenforster Bach in Westphalen; drei Blechträger für ein darüberliegendes Fahrgeleise.	1856	Henz	1	7,846	26,15	24,82
38	Viaduct zwischen Hilzingen und Rielasingen in der Bahn Schaffhausen-Constanz, vier Gitterträger für eine darüberliegende Strassenfahrbahn.	1863	Gerwig	1	d,010	26,70	25,34
39	Durchgangsbrücke auf der sächsischen Staatsbahn; vier Gitterträger aus Flacheisen für zwei Geleise darüber.	1852		1	7,929	26,43	d5,08
40	Brücke über den Eisenfurther Bach im Schussendobel in Würtemberg; zwei Blechträger für ein Geleise darüber.			1	8,451	28,17	26,7d
41	Drehbrücke über die Leda bei Lehr in Hannover; drei sich verjüngende Blechträger, auf welchen das Fahrgeleise ruht.		Funk	1	8,468	28,23	26,80
42	Normalbrücke der Petersburg-Warschauer Eisenbahn für Doppelgeleise; unter jedem Geleisestrang ein Blechträger.	1861	Gouin	1	d,534	28,45	d7,00
43	Brücke über die Fuhse bei Celle in Hannover; zwei über alle acht Oeffnungen zusammenhängende Blechträger, zwischen welchen das Fahrgeleise liegt.		Funk	8	2.7,884 + 6.d,760 = 68,328	2.26,28 + d 29,20 = 227,7d	2.24,95 + 6 27,72 = d16,82
44	Brücke über den Papenburger Canal in Hannover; zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.		Funk	1	8,760	29,20	27,72
45	Drehbrücke über den Papenburger Canal in Hannover; drei sich verjüngende Blechträger für ein darüberliegendes Fahrgeleise.		Funk	1	8,760	29,20	d7,7d
46	Brücke über die Wierau auf der hannoverschen Westbahn; zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.		Funk	1	8,760	29,20	27,7d
47	Brücke über das Freiwasser des Salzbaches auf der westphälischen Eisenbahn; zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein zwischenliegendes Geleise.	1850	Henz	1	d,788	29,29	27,80
48	Blechbrücke an beiden Seiten der Aare bei Bern; vier Blechträger für zwei daraufliegende Geleise.	1858	Etzel	1	9,000	30,00	28,47
49	Drehbrücke über die Oder bei Gawitz nächst Breslau, zwei über beide Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein zwischenliegendes Geleise.	1856		2	2.9,415 = 18,830	2.31,38 = 62,77	d.29,78 = 59,57
50	Kienbachbrücke bei Wetzlar; zwei Blechträger für ein daraufliegendes Geleise.	1856		1	9,420	31,40	29,80
d1	Normalbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft; zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856	Maniel	1	9,483	d1,61	30,00

7			8		9						10
Höhe der Brückenträger in			Eigengewicht der Eisenconstruction ohne Oberbau und Bedielung in		Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
Metern	Deutschen Fussen	Wiener Fussen	Zoll-Ctr. 1 Ctr. = 50 Klgr.	Wr. Ctr. 1 Ctr. = 56 Klgr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
					für Eisenbahngeleise						
					1	2	1	2	1	2	
0,626	2,07	1,98	64,17	57,29	549	—	3,29	—	3,10	—	Ist eine Normalbrücke für mehrere gleich weite Oeffnungen.
0,626	2,07	1,98	102,73	91,74	879	—	5,28	—	4,96	—	
0,630	2,10	1,99	124,00	113,71	984	—	5,90	—	5,55	—	
0,515	1,72	1,63	201,72	180,09	788	1575	4,73	9,45	4,45	8,90	
0,668	2,20	2,07	101,85	90,94	367	734	2,20	4,40	2,07	4,14	Die Brücke ist schief unter 58° 15′.
0,720	2,40	2,28	101,67	90,77	741	—	4,45	—	4,31	—	Die Brücke ist schief.
0,730	2,43	2,31	97,45	87,00	696	—	4,17	—	3,92	—	
0,733	2,44	2,32	142,40	127,14	994	—	5,88	—	5,61	—	Die Brücke liegt im Bogen und die Blechträger sind jeweils auf den Pfeilern auf der convexen Seite durch Gusseisen gestützt.
0,660	2,20	2,08	115,43	103,06	791	—	4,75	—	4,47	—	Der Viaduct ist schief und steigt die Bahn im Verhältnisse 1 : 150.
0,630	2,10	2,00	96,64	86,29	637	—	3,82	—	3,60	—	
0,762	2,54	2,41	180,72	161,36	582	1163	3,49	6,98	3,30	6,60	Die Brücke ist schief unter 32° 20′.
0,797	2,66	2,52	125,16	111,72	797	—	4,76	—	4,50	—	
					Für eine Strasse						
0,834	2,78	2,64	217,58	194,26	—	1356	—	8,15	—	7,66	
1,302	4,34	4,12	285,74	255,12	901	1802	5,41	10,81	5,08	10,17	Die Brücke ist schief unter 44° und die obern Gurtungen der Gitterträger haben Gussplatten mit Verticalrippen.
0,859	2,86	2,72	137,80	123,04	815	—	4,89	—	4,60	—	
0,462 bis 0,887	1,54 bis 2,96	1,46 bis 2,81	522,55	466,56	3085	—	18,51	—	17,41	—	Das Gegengewicht ist hier nicht mit einbezogen.
0,711	2,37	2,25	314,28	280,60	921	1841	5,52	11,04	5,20	10,30	
0,740	2,47	2,34	1342,19	1204,64	987	—	5,92	—	5,57	—	
0,923	3,08	2,92	204,00	182,14	1164	—	7,00	—	6,57	—	
0,558 bis 0,876	1,86 bis 2,92	1,76 bis 2,77	507,74	453,34	2898	—	17,38	—	16,35	—	Das Gegengewicht ist hier nicht mit einbezogen.
0,923	3,08	2,92	170,92	152,60	975	—	5,85	—	5,50	—	
1,255	4,18	3,97	164,41	146,60	934	—	5,61	—	5,27	—	Normalbrücke für mehrere gleich grosse Spannweiten.
0,900	3,00	2,85	987,00	881,24	1371	2742	8,22	16,45	7,73	15,47	
			947,35	845,83	2515	—	15,10	—	14,20	—	Die Gitterträger sind durch ein Paar Zugstangen von der Mitte nach den Enden gehend aufgehängt.
0,981	3,27	3,10	168,91	150,81	896	—	5,38	—	5,06	—	
0,793	2,63	2,50	117,71	105,10	621	—	3,73	—	3,50	—	

1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1′ = 0,300 m.	Wiener Fussen 1′ = 0,31611 m.
52	Brücke über die Natra zwischen Oravitza und Steierdorf im Banat; zwei Blechträger für ein Geleise darüber.	1863	Ruppert	1	9,483	31,61	30,00
53	Brücke über den Göllersbach zwischen Floridsdorf und Stockerau unweit Wien; zwei Blechträger für ein Geleise darüber.			1	9,483	31,61	30,00
54	Brücke über die Bode auf der hannoverschen Westbahn; drei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.		Funk	1	9,490	31,63	30,05
55	Normalbrücke der Petersburg-Warschauer Eisenbahn, vier Blechträger für zwei darüberliegende Geleise.	1861	Gouin	1	9,600	32,00	30,37
56	Brücke über den Brebach bei Nordheim in Württemberg, zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.			1	9,740	32,43	30,81
57	Fluthbrücke über die Saligebach bei Henau, zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.			2	2.10,000 = 20,000	2.33,33 = 66,67	2.31,64 = 63,28
58	Brücke über das Twetjerwasser auf der hannoverschen Südbahn, zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.		Funk	1	10,513	35,04	34,26
59	Viaduct über den Mettauer Einschnitt bei Radolfzell zwischen Schaffhausen und Constanz, zwei Gitterträger für eine darüberliegende Strassenfahrbahn.	1863	Gerwig	1	10,668	35,56	33,75
60	Strassenübergänge zu beiden Seiten der Niemenbrücke in Kowno, zwei Blechträger, über welchen auf Querträgern zwei Fahrgeleise liegen.	1861	Gouin	1	10,668	35,56	33,75
61	Pfinzbrücke bei Grötzingen zwischen Durlach und Pforzheim, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1861	Bark	1	10,800	36,00	34,17
62	Aller-Fluthbrücke bei Celle in Hannover, zwei über alle Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Funk	7	7.10,863 = 76,036	7.36,208 = 253,45	7.34,372 = 240,60
63	Siegbrücke an der Walkmühle zwischen Betzdorf und Siegen, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856		3	3.10,877 = 32,631	3.36,26 = 108,77	3.34,42 = 103,26
64	Siegbrücke bei Kirchen zwischen Betzdorf und Siegen, zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.	1856		3	3.10,877 = 32,631	3.36,26 = 108,77	3.34,42 = 103,26
65	Brücke über die neue Oder bei Glogau, je zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise.	1857		2	2.10,880 = 21,760	2.36,30 = 72,60	2.34,45 = 68,90
66	Brücke über die Pleisse bei Lobstädt in Sachsen, vier Gitterträger für zwei darüberliegende Geleise, jede Oeffnung für sich überbrückt.	1850		3	3.10,973 = 32,920	3.36,58 = 109,73	3.34,71 = 104,13
67	Herlebrücke zwischen Breslau und Posen, zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.	1857		5	5.10,980 = 54,90	5.36,60 = 183,00	5.34,74 = 173,73
68	Durchgangsbrücke auf der sächsischen Staatsbahn, vier Gitterträger aus Flacheisen für zwei Geleise darüber.	1850		1	11,044	36,81	34,94
69	Siegbrücke am Pochwerk zwischen Betzdorf und Siegen, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856		3	3.11,304 = 33,912	3.37,68 = 113,04	3.35,27 = 107,20
70	Brücke über die Pleisse bei Mösen (Altenburg) in Sachsen, vier über alle sechs Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für zwei darüberliegende Geleise.	1855		6	6.11,327 = 67,962	6.37,76 = 226,56	6.35,83 = 214,98
71	Normalbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1866	Maniel	1	11,380	37,93	36,00
72	Aller-Hauptbrücke bei Celle in Hannover, zwei über alle Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für ein dazwischenliegendes Bahngeleise.		Funk	8	8.11,388 = 91,104	8.37,96 = 303,68	8.36,04 = 288,30
73	Brücke über den Möhlinbach bei Offnadingen in Baden, vier Gitterträger aus Flacheisen für zwei Geleise darüber.	1851	Ruppert	1	11,652	38,84	36,87
74	Brücke über die Wambach auf der hannoverschen Südbahn, zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.		Funk	1	11,680	38,93	36,96
75	Brücke über den Leinekanal bei Göttingen, zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Bahngeleise.		Funk	1	11,68	38,93	36,96
76	Eschbachbrücke bei Langenfeld zwischen Würzburg und Nürnberg, drei Blechträger für ein daraufliegendes Geleise.			3	3.11,695 = 35,085	3.38,98 = 116,95	3.37,00 = 111,00

	9						10
der tion und le	Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
Ctr. Ctr. 6 Klgr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
	für Eisenbahngeleise						
	1	2	1	2	1	2	
16,71	689	—	4,13	—	3,89	—	Liegt in einem Gefälle von 1 : 50.
08,00	638	—	3,83	—	3,60	—	
28,08	756	—	4,54	—	4,26	—	
86,30	1127	2253	6,76	13,52	6,36	12,72	
91,07	1098	—	6,65	—	6,20	—	Die Brücke ist mit Trottoirs versehen.
47,00	1531	—	9,14	—	8,64	—	
24,46	1196	—	7,17	—	6,55	—	
	Für eine Strasse						
56,38	—	821	—	4,93	—	4,63	Der Viadukt ist schief.
01,79	1055	2109	6,33	12.65	5,95	11,90	
50,30	1298	—	7,78	—	7,32	—	
50,08	1068	—	6,40	—	6,03	—	
86,20	1177	—	7,06	—	6,65	—	
29,57	1423	—	8,54	—	8,03	—	
58,53	1360	2721	8,16	16,32	7,68	15,36	
68,75	686	1371	4,12	8,23	3,87	7,74	Die Brücke ist schief unter 60° 4'. Die ob. Gürtungen der Gitterträger haben eine Gussplatte mit Verticalrippe. 
09,46	923	1845	5,03	11,07	5,20	10,41	
59,37	911	1822	5,47	10,93	5,14	10,28	Die Brücke ist schief unter 42° und die oberen Gürtungen haben Gussplatten wie Post-Nr. 66.
53,23	1078	—	6.47	—	6,09	—	
58,93	684	1367	4,11	8,21	3,86	7,72	
39,06	684	—	4,11	—	3,86	—	
31,27	1064	—	6,38	—	6,00	—	
65,75	638	1277	3,83	7,66	3,60	7,20	
86,64	1374	—	8,24	—	7,75	—	
91,57	1398	—	8,39	—	7,89	—	
40,18	862	—	5,17	—	4,86	—	

1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1' = 0,31611 m.
77	Fluthbrücke nächst der Ockerbrücke in Braunschweig, drei Gitterträger aus Flacheisen für zwei Geleise, welche auf Blechträgern zwischen den Gittern liegen.			1	11,300	39,40	37,01
78	Festungsbrücke in Köln, vier über zwei Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für zwei daraufliegende Geleise.	1859	Lohse	2	2 12,24 = 24,48	2 40,80 = 81,60	2 38,70 = 77,46
79	Biberbrücke zwischen Waldshut und Schaffhausen in Baden, zwei gekrümmte Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.	1862	Gerwig	1	10,420	41,40	39,39
80	Klodnitzbrücke zwischen Breslau und Mislowitz, für jede Oeffnung zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1861		8	8 12,500 = 100,00	8 41,67 = 333,33	8 39,56 = 316,11
81	Brücke über die Elster auf der Weissenfels-Leipziger Bahn, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein Geleise dazwischen.	1857	Mons		12,554	41,85	39,71
82	Brücke über den Emsdetter Bach in Westphalen, zwei über beide Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.	1856	Hens	2	2.12,554 = 25,108	2.41,85 = 83,70	2.39,71 = 79,42
83	Brücke über die Messmer Aa in Westphalen, zwei Blechträger zwischen welchen ein Geleise liegt.	1856	Hens	1	12,554	41,85	39,71
84	Dillbrücke bei Neuhoffnungshütte zwischen Deutz und Giessen, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856		3	3 12,500 = 37,500	3 41,66 = 125,00	3.39,74 = 119,22
85	Brücke über den Sanjathalbach zwischen Wien und Brünn, zwei Gitterträger für ein daraufliegendes Geleise.			1	12,614	42,15	40,00
86	Normalbrücke der Petersburg-Warschauer Bahn für Doppelgeleise, unter jedem Geleisestrang ein Blechträger.	1864	Gouin	1	12,800	42,67	40,49
87	Brücke über die Riehe auf der hannoverschen Südbahn, zwei Blechträger zwischen welchen ein Geleise liegt.		Funk	1	12,848	42,82	40,65
88	Siegbrücke bei Freusburg, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Fahrgeleise.	1856		3	3 13,050 = 39,15	3 43,50 = 130,50	3.41,29 = 123,87
89	Brücke über die Elze auf der hannoverschen Südbahn, zwei continuirliche Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.		Funk	2	2.13,140 = 26,280	2 43,80 = 87,60	2.41,58 = 83,16
90	Normalbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft, unter jedem Geleisestrang ein Blechträger.	1856	Mantel	1	13,277	44,26	42,00
91	Brücke über das Lissawathal auf der Kohlenbahn von Oravitza nach Steierdorf im Banate, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1862	Ruppert	1	13,277	44,26	42,00
92	Wessla-Brücke zwischen Krakau und Bierzenow, vier Schifkorn'sche Träger für zwei daraufliegende Geleise.		Schifkorn	1	13,000	44,33	42,06
93	Drehbrücke über die Oder bei Stettin, zwei continuirliche Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise.	1846	Borsig	2	2.13,495 = 26,990	2 44,98 = 89,96	2.42,69 = 85,38
94	Dillbrücke bei der Adolfshütte zwischen Deutz und Giessen, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856		3	3.13,932 = 41,796	3.46,44 = 139,32	3 41,08 = 132,24
95	Fluthbrücke nächst der Ockerbrücke in Braunschweig, drei Gitterträger aus Flacheisen für zwei Geleise dazwischen.			1	14,268	47,56	45,14
96	Brücke über die Rada zwischen Jaroslaw und Radymno, zwei zweifache Schifkorn'sche Träger für ein Geleise darüber.		Schifkorn	3	3.14,500 = 43,500	3.48,33 = 145,00	3 45,88 = 137,64
97	Dillbrücke bei Aestar zwischen Deutz und Giessen, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856		4	4.14,504 = 58,016	4.48,35 = 193,39	4 45,89 = 183,56
98	Thierbachbrücke bei Ueberdurth, zwei Blechträger für ein darüberliegendes Geleise.			1	14,594	48,65	46,18
99	Innerste Fluthbrücke bei Sarstedt auf der hannoverschen Südbahn, zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.		Funk	1	14,600	48,67	46,20
100	Brücke über die Leine bei Göttingen, zwei über alle vier Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Funk	4	2.13,140 + 2.16,000 = 58,280	2.43,80 + 2 53,33 = 194,26	2.41,58 + 2 50,62 = 184,40

8	9						10
ewicht der onstruction eerben und einng in	Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
Wr. Ctr. 1 Ctr. = 56 Kigr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
	für Eisenbahngeleise						
	1	2	1	2	1	2	
540,46	1221	2442	7,33	14,65	6,89	13,78	
754,10	865	1729	5,18	10,35	4,87	9,78	
313,75	1549	—	9,30	—	8,75	—	Die Brücke ist schief unter 45°.
1734,00	971	—	5,82	—	5,48	—	
220,49	984	—	5,90	—	5,55	—	Es sind mehrere Oeffnungen jede für sich überbrückt.
854,44	1905	—	11,43	—	10,75	—	
418,72	1868	—	11,20	—	10,54	—	
778,25	1456	—	6,94	—	6,53	—	
475,00	775	—	4,65	—	4,38	—	
527,75	1155	2309	6,93	13,85	6,52	13,03	
328,58	1432	—	8,59	—	8,08	—	
863,63	1235	—	7.41	—	6,97	—	
607,09	1294	—	7,76	—	7.30	—	
174,47	736	1472	4,41	8,82	4,15	8,30	
192,77	813	—	4,88	—	4,59	—	
560,00	1179	2358	7,07	14,15	6,65	13,30	
1014,26	2104	—	12.62	—	11,88	—	Der Drehzapfen ist auf dem Mittelpfeiler.
901,60	1208	—	7,25	—	6,82	—	
671,66	1318	2636	7,91	15,81	7,44	14,88	
750,00	966	—	5,79	—	5,45	—	
1251,16	1208	—	7,25	—	6,82	—	
205,94	790	—	4,74	—	4,46	—	
397,65	1525	—	9,15	—	8,60	—	
1301,46	1248	—	7,49	—	7,04	—	

1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1' = 0,31611 m
101	Brücke über die Werra bei Lehne in Hannover; zwei continuirliche Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.		Funk	3	2.13,492 + 16,996 = 43,980	2.44,77 + 56,45 = 146,00	2.42,5 + 53,60 = 138,60
102	Emscherbrücke bei Oberhausen; zwischen Oberhausen und Emmerich, drei continuirliche Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856		2	2.14,712 = 29,424	2.49,04 = 98,08	2.46,55 = 93,10
103	Brücke über die Hase bei Meppen auf der hannoverschen Westbahn, zwei über alle vier Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Funk	4	2.13,160 + 2.16,332 = 58,984	2.43,86 + 2.54,50 = 196,61	2.41,59 + 2.51,74 = 186,61
104	Brücke über den Festgraben bei Spandau, zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.			1	14,751	49,17	46,66
105	Drehbrücke über einen Theil des Pregels bei Königsberg, zwei Blechträger für zwei zwischenliegende Geleise.			1	14,753	49,18	46,66
106	Brücke über die neue Oder bei Glogau, zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise.	1857		2	2.14,910 = 29,820	2.49,70 = 99,40	2.47,18 = 94,36
107	Brücke über die Gleene auf der hannoverschen Südbahn, zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Funk	1	14,940	49,80	47,26
108	Brücke über den kalten Gang (Linie Wien-Triest), zwei continuirliche Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.	1861	Etzel	2	2.14,945 = 29,890	2.49,82 = 99,63	2.47,28 = 94,56
109	Normalbrücke der Petersburg-Warschauer Eisenbahn, unter jedem Geleisestrang ein Blechträger.	1861	Gunin	1	15,000	50,00	47,45
110	Fluthbrücke auf der rechten Seite der Rheinbrücke bei Mainz; zwei gebogene Fachwerkträger (System Pauli) für ein darüberliegendes Geleise.	1862	Gerber	16	16.15,00 = 240,000	16.50,00 = 800,00	16.47,45 = 759,20
111	Fluthbrücke auf der rechten Seite der Rheinbrücke bei Mainz, zwei Pauli'sche Träger für ein daraufliegendes Geleise.	1862	Gerber	4	4.15,000 = 60,000	4.50,00 = 200,00	4.47,45 = 189,80
112	Schwarzbachbrücke bei Walbstadt zwischen Heidelberg und Mosbach, zwei Gitterträger für ein Geleise darüber.	1861	Keller	1	15,000	50,00	47,45
113	Mürzbrücke bei Kapfenberg (Linie Wien-Triest), zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein daraufliegendes Geleise.	1862	Etzel	2	2.13,118 + 18,966 = 45,203	2.43,73 + 63,22 = 150,68	2.41,50 + 60,00 = 143,00
114	Brücke zwischen Miskolcz und Kaschau (Theissbahn), zwei Neville'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise.	1858	Klark	1	15,170	50,57	48,00
115	Eine Inundationsbrücke in Steiermark (Linie Wien-Triest); zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise.	1862	Etzel	1	15,172	50,58	48,00
116	Normalbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft; unter jedem Geleisestrang liegt ein mit Winkeleisen abgesteifter Blechträger.	1856	Mentel	1	15,172	50,58	48,00
117	Brücke über die Wildschlucht auf der Kohlenbahn von Oravitza nach Steierdorf im Banate, zwei Gitterträger aus ⌒ Eisen, für ein daraufliegendes Geleise, Maschweite 2,8m.	1863	Ruppert	1	15,172	50,58	48,00
118	Leithakanalbrücke bei Bruck a. d. Leitha zwischen Wien und Raab, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen mit Verticalabsteifungen für ein darüberliegendes Geleise.	1862	Ruppert	3	3.15,16 = 45,51	3.50,60 = 151,80	3.48,01 = 144,11
119	Siegbrücke bei Vosswinkel zwischen Deutz und Giessen, zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856		3	3.15,227 = 45,681	3.50,76 = 152,29	3.48,19 = 144,57
120	Brücke über die Brinitza bei Sosnowice an der polnischen Grenze, zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.	1861		3	3.15,230 = 45,690	3.50,77 = 152,30	3.48,20 = 144,60
121	Brücke bei Pottschach (Linie Wien-Triest), zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1861	Etzel	1	15,300	51,00	48,40
122	Vöklabrücke auf der k. k. österr. Elisabethbahn, zwei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus T Eisen für ein darüberliegendes Geleise.	1858	Hornbostel	3	2.12,644 + 20,863 = 46,151	2.42,15 + 69,54 = 153,84	2.40,00 + 66,00 = 146,00
123	Mürzbrücke bei Hafendorf (Linie Wien-Triest) zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein zwischenliegendes Geleise.	1862	Etzel	3	2.15,395 + 15,520 = 46,310	2.51,32 + 51,73 = 154,36	2.48,70 + 49,10 = 146,50
124	Brücke über den Berz'schen Canal bei Wittenberge, zwei Gitterträger für ein daraufliegendes Geleise.			1	15,457	51,52	48,90
125	Saubrücke bei Tremersfeld (Linie Wien-Triest), zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise und seitliche Trottoirs, jede Oeffnung für sich überbrückt.	1862	Etzel	6	6.15,489 = 92,934	6.51,63 = 309,78	6.49,00 = 294,00

	9						10
…t der …ction …u und … in	Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
…r. Ctr. 1 Ctr. …50 Kigr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutscher Fuss in Zoll-Ctr		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
	für Eisenbahngeleise						
	1	2	1	2	1	2	
…981,78	1255	—	7,53	—	7,08	—	
…139,68	1085	2169	6,51	13,02	6,12	12,24	Es sind beide Geleise, jedes für sich bestehend, ausgeführt.
…337,88	1270	—	7,62	—	7,16	—	
…352,87	1339	—	8,04	—	7,56	—	
…200,96	2279	4558	15,68	27,35	12,87	25,73	
…903,82	1697	—	10,18	—	9,58	—	
…469,98	1762	—	10,57	—	9,94	—	
…875,68	1640	3280	9,84	19,68	9,26	18,52	Sind zwei Geleise ausgeführt mit je einem Trottoir auf der einen Seite.
…676,20	1262	2524	7,52	15,14	7,13	14,25	
…538,57	826	—	4,95	—	4,66	—	Die Stützweite der Auflagerpunkte beträgt = 15,8 Meter. Jede Oeffnung ist für sich überbrückt.
…090,86	1018	—	6,11	—	5,75	—	Wie bei Nr. 106.
…313,20	1169	—	7,01	—	6,60	—	
…407,86	1744	—	10,46	—	9,84	—	
…194,29	717	—	4,30	—	4,05	—	
…480,76	1774	—	10,64	—	10,02	—	Das Geleise hat ein Trottoir.
…206,56	762	—	4,57	—	4,30	—	
…299,38	1105	—	6,63	—	6,23	—	Die Brücke liegt im Gefälle von 1 : 50.
…614,40	755	—	4,53	—	4.26	—	
…219,64	1495	—	8,96	—	8,43	—	
…152,23	1412	—	8,48	—	7,97	—	
…478,62	1758	—	10,51	—	9,89	—	Die Brücke ist schief unter 38° 30′ und hat ein Trottoir
…760,42	922	—	5,53	—	5,20	—	Die Brücke ist schief.
…160,32	1766	—	10,59	—	9,97	—	
…391,97	1421	—	8,54	—	8,01	—	
…266,10	1968	—	11,80	—	11,11	—	Die Brücke liegt im Bogen und ist schief unter 55° bis 68°.

1	2	3	4	5	6		
Post Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300m	Wiener Fussen 1' = 0,31611m
126	Oder-Flutbrücke zwischen Lissa und Glogau, zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise	1857		3	3 15,690 = 47,070	3 52,30 = 156,90	3 49,65 = 148,95
127	Bliesbrücke bei Niederlinxweiler (Rhein-Nahebahn), zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise			1	15,690	52,30	49,64
128	Bliesbrücke bei Oberlinxweiler (Rhein-Nahebahn), zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.			1	15,690	52,30	49,64
129	Brücke über die Münster'sche Aa in Westphalen, zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise	1856	Henz	1	15,693	52,31	49,65
130	Trankgassenbrücke in Köln, eine Bogenträger für zwei daraufliegende Fahrgeleise	1859	Lohse	1	15,693	52,31	49,65
131	Schleifenbachbrücke in der Linie Wien-Triest, zwei continuirliche Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise.	1861	Etzel	2	2 15,790 = 31,580	2 52,63 = 105,27	2 49,95 = 99,90
132	Brücke über die Havel bei Spandau, zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise			4	4 15,819 = 63,276	4 52,83 = 211,32	4 50,14 = 200,56
133	Brücke über die alte [illegible] bei [illegible], zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise	1857		1	16,000	53,33	50,60
134	Brücke über die Schussen in Schussenriedel in Württemberg, zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise			1	16,043	53,48	50,75
135	Marchbrücke bei Wartberg (Linie Wien-Triest), zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise. Jede Oeffnung für sich überbrückt	1862	Etzel	5	5 16,280 = 81,400	5 54,27 = 271,33	5 51,50 = 257,50
136	Berettyó-Brücke zwischen P. Ladány und Grosswardein (Theissbahn), drei Neville'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise.	1860	Clark	3	2 15,17 + 18,966 = 49,30	2 50,57 + 63,22 = 164,36	2 48,00 + 60,00 = 156,00
137	Saanbrücke bei Cilli (Linie Wien-Triest), zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1863	Etzel	5	5 16,997 = 84,985	5 56,66 = 283,3[illegible]	5 53,77 = 268,85
138	Thalbachbrücke in der Linie Wien-Triest, zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise und seitliches Trottoir	1862	Etzel	1	17,017	56,72	53,83
139	Normalbrücke der Petersburg-Warschauer Eisenbahn unter jedem Geleisestrang ein Gitterträger aus Flacheisen	1861	Cousin	1	17,069	56,90	54,00
140	Saanbrücke bei Cilli (Linie Wien-Triest), zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein darüberliegendes Geleise.	1863	Etzel	5	5 17,070 = 85,350	5 56,90 = 284,50	5 54,00 = 270,00
141	Sannbrücke bei Tüffer (Linie Wien-Triest), zwei continuirliche Blechträger für ein darüberliegendes Geleise	1863	Etzel	6	6 17,070 = 102,420	6 56,90 = 341,40	6 54,00 = 324,00
142	Gradaschbachbrücke bei Trifail (Linie Wien-Triest), zwei Blechträger für ein zwischenliegendes Geleise und seitliches Trottoir	1863	Etzel	1	17,071	56,91	54,00
143	Brücke im Nordbahnhof in Wien, zwei continuirliche Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise			2	2 17,070 = 34,140	2 56,90 = 113,80	2 54,00 = 108,00
144	Brücke über die Brahe bei Bromberg (preussische Ostbahn), zwei continuirliche Gitterträger für ein Geleise dazwischen			2	2 17,265 = 34,530	2 57,55 = 115,10	2 54,63 = 109,26
145	Brücke über die Aisch zwischen Würzburg und Nürnberg, zwei gerade Fachwerkträger für ein darüberliegendes Geleise.			4	4 17,540 = 70,160	4 58,47 = 233,87	4 55,50 = 222,00
146	Lippe-Brücke unweit Wesel (Köln-Mindener Bahn), zwei continuirliche Gitterträger für ein zwischenliegendes Geleise.	1856		2	2 17,654 = 35,308	2 58,85 = 117,69	2 55,86 = 111,72
147	Sallach-Brücke (Linie Wien-Triest), zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein darüberliegendes Geleise	1862	Etzel	4	2 18,535 + 2 17,163 = 71,396	2 61,65 + 2 57,21 = 237,72	2 58,51 + 2 54,20 = 225,42
148	Gurkbachbrücke zwischen Marburg und Villach, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein zwischenliegendes Geleise.	1864	Etzel	1	17,702	59,01	56,00
149	Aachbrücke in Niederbiegen (Württemberg), zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise			1	17,811	59,38	56,35
150	Brücke über die Donau bei Donauwörth, zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise	1856		6	5 17,511 + 20,420 = 107,995	5 58,38 + 68,10 = 359,96	5 55,40 + 64,60 = 341,60
151	Pfinzbrücke bei Berghausen zwischen Durlach und Pforzheim, zwei Blechbogen für ein daraufliegendes Geleise.	1861	Bürk	1	18,000	60,00	56,96

	8						10
ht der ruction au und n	Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
Vr. Ctr. 1 Ctr. 56 Kigr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
	für Eisenbahngeleise						
	1	2	1	2	1	2	
1211,37	1441	—	8,64	—	8,13	—	
392,65	1401	—	8,41	—	7,91	—	
359,48	1219	—	7,70	—	7,24	—	
483,44	1725	—	10,30	—	9,74	—	Normalbrücke für mehrere gleiche Spannweiten.
580,96	1037	2073	6,22	12,43	5,85	11,70	
1788,62	1586	3172	9,51	19,02	8,95	17,90	Sind zwei Geleise ausgeführt.
1351,60	1194	—	7,16	—	6,73	—	Jede Oeffnung für sich überbrückt.
516,30	1918	—	11,47	—	10,79	—	
391,07	1365	—	8,21	—	7,70	—	
2729,98	1878	—	11,27	—	10,60	—	Die Brücke liegt im Bogen und ist schief unter 43° bis 46°.
639,44	726	—	4,36	—	4,10	—	
5505,50	1814	3628	10,88	21 76	10,24	20,48	Die Brücke ist schief unter 71° 40' und für zwei Geleise ausgeführt.
1173,34	1932	3864	11,59	23,18	10,90	21,80	Die Brücke ist schief unter 77° 45' und für zwei Geleise ausgeführt.
810,00	1326	2652	7,97	15,94	7,50	15,00	
1773,48	1566	3132	9,39	18,78	8,82	17,64	Die Brücke ist schief unter 80° 30' und für zwei Geleise ausgeführt.
461,35	1892	—	11,35	—	10,68	—	Die Brücke ist schief unter 60°.
534,49	1753	—	10,52	—	9,89	—	Die Brücke ist für drei Geleise ausgeführt.
464,30	761	—	4,56	—	4,30	—	Die Brücke liegt in einer Curve.
697,20	1130	—	6,78	—	6,40	—	
400,90	1117	—	6,71	—	6,31	—	
874,06	1386	—	8,32	—	7,82	—	
919,66	1538	3076	9,23	18,46	8,68	17,36	Die Brücke ist schief unter 58° und für zwei Geleise ausgeführt.
584,95	1850	—	11,12	—	10,44	—	
537,14	1682	—	10,08	—	9,50	—	Die Brücke ist schief unter 49°.
150,00	1270	—	7,62	—	7,17	—	Die Brücke ist schief unter 54°.
508,97	1894	—	11,36	—	10,68	—	

1	2	3	4	5	6		
Post Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1' = 0,31611 m.
152	Schwarzbachbrücke bei Eschelbronn (Linie Heidelberg-Mosbach), zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.	1861	Keller	1	18,000	60,00	56,90
153	Aachbrücke bei Singen zwischen Schaffhausen und Constanz, zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.	1863	Gerwig	1	18,000	60,00	56,90
154	Brücke über den Scheiligraben (Linie Wien-Triest), zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise	1861	Etzel	1	18,001	60,06	57,00
155	Siegbrücke bei [illegible] zwischen Deutz und Giessen, zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise	1850		6	6.18,127 = 108,762	6.60,42 = 362,51	6.57,36 = 344,20
156	Brücke über die Leine bei [illegible] in Hannover, zwei über alle fünf Oeffnungen zusammenhängende Blechträger, zwischen welchen ein Fahrgeleise liegt.		Funk	5	2.15,766 + 3.17,710 = [illegible]	2.52,56 + 3.58,70 = 302,22	2.49,90 + 3.56,17 = 268,24
157	Brücke über den Ländecanal zwischen Marburg und Villach, zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise	1864	Etzel	1	18,145	60,48	57,40
158	Brücke über die Vogiane (Linie Wien-Triest), zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise	1863	Etzel	1	18,650	62,16	59,00
159	Oder Fluthbrücke zwischen [illegible] und [illegible], zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise	1857		3	3.18,930 = 56,79	3.62,57 = 189,20	3.59,89 = 179,76
160	Brücke über die Hease in Westphalen, zwei Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise	1856	Henz	1	18,831	62,77	59,59
161	Inundationsbrücke bei Grimhausen zwischen Cleve und Zevenaar, zwei Fachwerkträger für ein Geleise dazwischen	1863		20	20.18,831 = 376,62	20.62,77 = 1255,40	20.59,59 = 1191,80
162	Eine Fluthbrücke der österr. Staatseisenbahngesellschaft, zwei Blechträger mit Abtheilungen für ein daraufliegendes Geleise	1857	Ruppert	1	18,966	63,22	60,00
163	Fluthbrücke bei Mokrin im Banat, zwei Gitterträger aus Flacheisen mit Verticalabtheilungen aus ⊥ Eisen für ein darüberliegendes Geleise	1856	Ruppert	1	18,966	63,22	60,00
164	Brücke über die Mürz bei [illegible] in Steiermark, zwei continuirliche Blechträger für ein darüberliegendes Geleise			4	4.18,966 = 75,864	4.63,22 = 252,88	4.60,00 = 240,00
165	Brücke über einen Mühlbach in der k. k. österr. [illegible], zwei Blechträger für ein daraufliegendes Geleise	1858	Hornbostel	1	18,966	63,22	60,00
166	Brücke über eine Poststrasse in der k. k. österr. Elisabethbahn, zwei Gitterträger für zwei [illegible] Geleise	1858	Hornbostel	1	18,966	63,22	60,00
167	Inundationsbrücke in der k. k. österr. Elisabethbahn, zwei Gitterträger aus ⊥ Eisen für ein daraufgelegtes Geleise	1858	Hornbostel	1	18,966	63,22	60,00
168	Traun-Mühlbachbrücke in der k. k. österr. Elisabethbahn, zwei continuirliche Gitterträger aus ⊥ Eisen für ein Geleise darüber	1858	Hornbostel	2	2.18,966 = 37,932	2.63,22 = 126,44	2.60,00 = 120,00
169	[illegible]brücke in der k. k. österr. Elisabethbahn, zwei über alle vier Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus ⊥ Eisen für ein daraufliegendes Geleise	1858	Hornbostel	4	4.18,966 = 75,866	4.63,22 = 252,89	4.60,00 = 240,00
170	Brücke bei [illegible] in Mähren (k. k. Nordbahn), drei Neville'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise, jede Oeffnung für sich überbrückt	1851	Clark	5	5.18,966 = 94,830	5.63,22 = 316,10	5.60,00 = 300,00
171	Marchbrücke bei [illegible] in Mähren (k. k. österr. Staatsbahngesellschaft), zwei continuirliche Gitterträger aus ⌒ Eisen für ein darüberliegendes Geleise	1860	Ruppert	5	5.18,966 = 94,830	5.63,22 = 316,10	5.60,00 = 300,00
172	Brücke über die Nera zwischen Weisskirchen und Baziasch im Banat, zwei continuirliche Gitterträger aus ⌒ Eisen für ein darüberliegendes Geleise.	1863	Ruppert	3	3.18,966 = 56,900	3.63,22 = 189,66	3.60,00 = 180,00
173	Brücke über die kleine Aranka zwischen Szegedin und Temesvar, zwei Gitterträger aus Flacheisen mit Verticalabtheilungen für ein darüberliegendes Geleise.	1857	Ruppert	1	18,966	63,22	60,00
174	Brücke über die Ems bei Hanekenfähr in Hannover, zwei über alle fünf Oeffnungen zusammenhängende Blechträger, zwischen welchen ein Geleise liegt.		Funk	5	2.16,325 + 3.20,792 = 94,[illegible]	2.54,50 + 3.69,11 = 316,33	2.51,74 + 3.65,06 = 300,30
175	Brücke über die Wereszyca unweit Lemberg, zwei dreifache Schifkorn'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise.		Schifkorn	1	19,000	63,33	60,18
176	Normalbrücke der k. k. Ferdinand Nordbahn, drei Neville'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise	1856	Clark	1	19,000	63,33	60,12

…der …ion …und … Ctr. …tr. Kigr.	9						10
	Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
	für Eisenbahngeleise						
	1	2	1	2	1	2	
…5,06	918	—	5,51	—	5,18	—	
…3,40	1131	—	6,78	—	6,31	—	
…1,68	1786	—	10,71	—	10,08	—	
…2,63	1983	—	11,90	—	11,12	—	Die Brücke ist schief unter 50° 48'.
…1,52	1804	3608	10,82	21,64	10,18	20,36	Die Brücke ist schief unter 68° 34' und für zwei Geleise ausgeführt.
…5,96	1600	—	9,59	—	9,02	—	Die Träger sind für je zwei Oeffnungen zusammenhängend.
…3,32	1385	—	8,31	—	7,08	—	Die Brücke ist schief unter 73°.
…,75	1511	—	9,06	—	8,53	—	
…,31	2044	—	12,26	—	11,53	—	
…,14	1102	—	6,61	—	6,22	—	Jede Oeffnung ist für sich überbrückt.
…,24	1028	—	6,17	—	5,80	—	
…,75	1081	—	6,51	—	6,12	—	
…,44	1015	—	6,09	—	5,72	—	
…,26	981	—	5,88	—	5,54	—	Die Brücke ist schief.
…,39	1444	2888	8,67	17,33	8,15	16,30	
…,73	855	—	5,10	—	4,83	—	
…,16	818	—	4,87	—	4,58	—	
…,00	847	—	5,08	—	4,78	—	
…,00	797	—	4,70	—	4,50	—	
…,88	1120	—	6,72	—	6,32	—	Die Träger sind für je 2 oder 3 Oeffnungen zusammenhängend; Maschweite 5'; die Gitterstreben wechseln ihre Neigung von 45°–60°.
…28	1038	—	6,22	—	5,85	—	
…56	1085	—	6,51	—	6,12	—	
…38	1388	—	8,31	—	7,87	—	
…00	1144	—	6,90	—	6,50	—	
…30	911	—	5,37	—	5,15	—	Zwischen Oderberg, Prerau, Napagedl u. Ostrau, sind 43 Oeffnungen von gleicher Spannweite nach demselben System überbrückt.

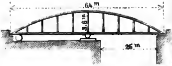
1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1' = 0,31611 m.
177	Ostravitza-Brücke in der Ostrauer-Kohlenbahn, zwei über je zwei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.			4	4.19,000 = 76,000	4.63,33 = 253,33	4.60,00 = 240,00
178	Wildenviedert bei Elten in der Köln-Mindener Bahn, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein darüberliegendes Geleise. Die Träger sind für je zwei Oeffnungen zusammenhängend.	1856		7	6.19,145 + 21,734 = 136,604	6.63,816 + 72,446 = 455,35	6.60,60 + 68,70 = 431,30
179	Werftbrücke in Köln, fünf über beide Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für zwei daraufliegende Geleise.	1859	Lohse	2	2.19,773 = 39,546	2.65,91 = 131,82	2.62,55 = 125,10
180	Werftbrücke in Köln, drei continuirliche Blechträger für eine 27' breite Fahrstrasse darüber.	1859	Lohse	2	2.19,773 = 39,546	2.65,91 = 131,82	2.62,55 = 125,10
181	Brücke über die Leine bei Poppenburg in Hannover, zwei über alle fünf Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Funk	5	2.17,612 + 3.22,192 = 102,200	2.59,38 + 3.73,97 = 340,67	2.56,87 + 3.70,22 = 323,40
182	Supraśl-Brücke zwischen Petersburg u. Warschau, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen, für zwei darüberliegende Geleise.	1862	Gotte	3	2.19,500 + 24,800 = 63,800	2.61,87 + 82,46 = 206,00	2.58,52 + 78,46 = 195,50
183	Brücke bei Clichy in Frankreich, zwei Blechträger für zwei dazwischenliegende Fahrgeleise.	1852	Mathieu	1	20,650	68,83	65,34
184	Brücke zwischen Miskolcz und Kaschau (Theissbahn) zwei Neville'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise.	1858	Clark	1	20,900	61,55	66,00
185	Zwei Gitterbrücken zu beiden Seiten der Innbrücke nächst Bichelwang in Tirol, vier Gitterträger für zwei darüberliegende Geleise.	1856	Hoffmann	3	2.20,863 + 20,863 = 62,589	2.69,54 + 69,54 = 208,62	2.66,00 + 64,00 = 196,00
186	Eisenbrücke bei Zuzenhausen zwischen Heidelberg und Mosbach, zwei Gitterträger für ein Geleise darüber.	1861	Keller	1	21,00	70,00	66,45
187	Normalbrücke für die Petersburg-Warschauer-Bahn, vier Gitterträger für zwei darüberliegende Geleise.	1861	Gouin	1	21,330	71,10	67,47
188	Ohlau-Brücke zwischen Breslau und Malowitz, zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise.	1861		1	21,480	71,60	67,95
189	Brücke über den Neckar bei Cannstadt, Württemberg, vier Blechbogen für zwei darüberliegende Bahngeleise.	1858	Etzel	9	9.21,487 = 193,380	9.71,62 = 644,60	9.68,00 = 612,00
190	Brücke über die Mulde bei Lockwe unweit Zwickau in Sachsen, zwei über alle vier Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger für ein zwischen denselben liegendes Geleise.	1855		4	19,118 + 2.23,876 + 19,929 = 86,[illegible]	63,72 + 2.79,58 + 66,10 = 288,96	1.60,11 + 2.75,50 + 62,71 = 271,74
191	Hauenstein-Uebergang bei Kleinlaufenburg in Baden, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein darüberliegendes Geleise.	1855	Gerwig	1	21,750	72,50	68,93
192	Lahnbrücke bei Wetzlar, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1856		5	5.21,754 = 108,770	5.72,513 = 362,56	5.68,84 = 344,20
193	Brücke über die Zimnawode unweit Lemberg, zwei dreifache Schifkorn'sche Träger für ein Geleise darüber.		Schifkorn	1	21,800	72,67	68,96
194	Liwiec-Brücke zwischen Petersburg u. Warschau, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für zwei darüberliegende Geleise.	1862	Gouin	3	2.20,400 + 25,000 = 65,800	2.68,00 + 83,33 = 219,33	2.64,53 + 79,09 = 208,15
195	Brücke über die Glan zwischen Marburg und Villach, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein Geleise dazwischen.	1862	Etzel	2	2.22,128 = 44,256	2.73,76 = 147,52	2.70,00 = 140,00
196	Brücke über die Schussen bei Weissenau in Württemberg, zwei hohle Blechträger nach dem Fairbairn'schen System für ein dazwischenliegendes Geleise.	1857	Etzel	1	22,346	74,49	70,69
197	Brücke über den Wisloc bei Rzeszow, zwei dreifache Schifkorn'sche Träger für ein zwischenliegendes Geleise.		Schifkorn	4	4.22,400 = 89,600	4.74,67 = 298,68	4.70,88 = 283,54
198	Siegbrücke bei Wissen zwischen Deutz u. Giessen, zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.	1856		2	2.23,905 = 47,815	2.75,35 = 226,05	2.71,58 = 214,00
199	Nahebrücke bei Münster, zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise; die Träger sind für je zwei Oeffnungen zusammenhängend.			4	2.23,560 + 2.22,996 = 93,112	2.75,20 + 2.76,65 = 303,70	2.71,37 + 2.72,73 = 288,20
200	Brücke über die Aranka, bei Mokrin im Banate, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen mit Verticalabsteifungen aus ⊥ Eisen f. ein dazwischenliegendes Geleise.	1857	Roppert	2	2.23,709 = 47,418	2.79,03 = 158,06	2.75,00 = 150,00

	9						10
…er …n …nd	Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
…Ctr. …r. …Klgr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
	für Eisenbahngeleise						
	1	2	1	2	1	2	
,00	767	—	4,60	—	4,34	—	Nach derselben Construction sind noch vier andere Oeffnungen von gleicher Spannweite überbrückt
,60	1368	—	8,21	—	7,72	—	
,09	1159	2318	6,96	13,92	6,54	13,08	Die Brückenträger liegen in einem Gefälle von 1 : 100.
40	—	Strasse 1487	—	Strasse 8,77	—	Strasse 3,25	Die Brückenträger liegen in einem Gefälle von 1 : 100.
,39	1532	—	9,19	—	8,64	—	Die Brücke ist schief unter 60°.
,28	1706	3411	10,23	20,46	9,63	19,25	
,10	1237	2473	7,42	14,84	6,98	13,96	
38	890	—	5,33	—	5,03	—	
,22	1284	2568	7,71	15,41	7,25	14,49	Die Brücke auf der einen Seite mit zwei Oeffnungen hat zusammenhängende Träger.
,87	1437	—	8,62	—	8,11	—	
86	1485	2969	8,90	17,31	8,38	16,76	
44	1380	—	8,31	—	7,83	—	
07	1609	3217	9,49	18,98	8,93	17,86	
86	2143	—	12,86	—	12,10	—	Die Brücke ist schief unter 33°.
74	1237	—	7,42	—	6,98	—	
02	1678	—	10,07	—	9,47	—	
00	1387	—	8,32	—	7,83	—	
14	1748	3495	10,49	20,98	9,87	19,78	
38	2458	—	14,75	—	13,87	—	
36	1987	—	11,92	—	11,21	—	
00	1875	—	11,25	—	10,58	—	
00	1775	—	10,65	—	10,01	—	
19	1682	—	10,09	—	9,49	—	
00	1307	—	7,81	—	7,38	—	

1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300m	Wiener Fussen 1' = 0,31611m
201	Brücke über die Leitha zwischen Wr. Neustadt und Oedenburg, zwei continuirliche Gitterträger für ein zwischenliegendes Geleise.	1864	Etzel	2	2.23,787 = 47,574	2.79,29 = 158,58	2.75,25 = 150,50
202	Nahebrücke bei Neben, zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.			2	2.22,809 = 47,616	2.79,36 = 158,72	2.75,32 = 150,64
203	Brücke über die Murg bei Mergenthal in der Schweiz, zwei Gitterträger für ein zwischenliegendes Geleise	1856	Etzel	1	24,000	80,00	75,93
204	Brücke über die Wigger bei Aarburg in der Schweiz, zwei zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1856	Etzel	2	2.24,000 = 48,000	2.80,00 = 160,00	2.75,93 = 151,86
205	Birsbrücke bei Basel, vier über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen; zwischen je zwei Trägern liegt ein Geleise.	1854	Etzel	3	3.24,000 = 72,000	3.80,00 = 240,00	3.75,93 = 227,80
206	Brücke über die Pfeffern bei Niederwyl in der Schweiz, zwei Gitterträger für ein zwischenliegendes Geleise.	1856	Etzel	1	24,000	80,00	75,93
207	Brücke über die Wisloka zwischen Czarna u. Debica in Galizien, zwei dreifache Schifkorn'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise.		Schifkorn	7	7.24,000 = 168,000	7.80,00 = 560,00	7.75,93 = 531,64
208	Rababrücke zwischen Kley und Bochnia, zwei dreifache Schifkorn'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise.		Schifkorn	5	5.24,200 = 121,000	5.80,67 = 403,35	5.76,58 = 382,91
209	Brücke über die Innerste bei Saarstedt in Hannover, zwei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise	1856	Funk	3	2.22,491 + 27,640 = 72,622	2.74,97 + 92,13 = 242,07	2.71,15 + 88,70 = 231,00
210	Brücken über die Wakke und Vilejka zwischen Petersburg u. Warschau, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für zwei darüberliegende Geleise.	1861	Gouin	3	2.22,900 + 27,400 = 73,200	2.76,33 + 91,31 = 244,00	2.72,44 + 86,68 = 231,56
211	Brücke über die Brahe bei Czerske zwischen Bromberg und Thorn, zwei continuirliche Gitterträger für ein zwischenliegendes Geleise.			2	2.24,800 = 49,600	2.82,67 = 165,35	2.78,48 = 156,96
212	Brücke über die Biala zwischen Bogumilowice und Tarnow, zwei dreifache Schifkorn'sche Träger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Schifkorn	2	2.24,900 = 49,800	2.83,00 = 166,00	2.78,80 = 157,60
213	Brücke über die Nahe bei Kreuznach, drei Gitterträger für zwei dazwischenliegende Geleise.			3	25,001 + 25,045 + 24,846 = 74,892	83,34 + 83,48 + 82,82 = 249,64	79,10 + 79,22 + 78,60 = 236,92
214	Fluthbrücke auf dem rechtseitigen Rheinufer bei Mainz, zwei Pauli'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise.	1862	Gerber	2	2.25,000 = 50,000	2.83,33 = 166,66	2.79,08 = 158,16
215	Brücken über den Eggentalerbach, Finsterbach und Rentschbach, alle drei zwischen Innsbruck und Botzen, zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise. Die Maschweite beträgt 5,61'.	1865	Pressel	2	25,289	84,30	80,00
216	Normalbrücke zwischen Petersburg und Warschau, vier Gitterträger aus Flacheisen für zwei darüberliegende Geleise.	1861	Gouin	1	25,596	85,32	80,97
217	Brücke über das Worblenthal bei Bern, zwei continuirliche Gitterträger, deren Strebensystem aus Flach- u. ⊥ Eisen zusammengesetzt ist, für ein zwischenliegendes Geleise.	1857	Etzel	3	2.24,000 + 28,800 = 76,800	2.80,00 + 96,00 = 256,00	2.75,93 + 91,11 = 242,96
218	Brücke über die grosse Emme bei Derendingen in der Schweiz, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein zwischenliegendes Geleise.	1857	Etzel	3	2.24,000 + 28,800 = 76,800	2.80,00 + 96,00 = 256,00	2.75,93 + 91,10 = 242,96
219	Enns- und Traunbrücke in der k. k. Elisabethbahn, zwei über je zwei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1858	Hornbostel	6	6.25,624 = 151,744	6.85,41 = 512,46	6.81,00 = 486,00
220	Traisenbrücke in der k. k. Elisabethbahn, zwei über je zwei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein darauf liegendes Geleise.	1858	Hornbostel	8	8.25,624 = 204,992	8.85,41 = 683,28	8.81,00 = 648,00

7			8		9						10
Höhe der Brückenträger in			Eigengewicht der Eisenconstruction ohne Oberbau und Bedielung in		Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
Meters	Deutschen Fussen	Wiener Fussen	Zoll-Ctr. 1 Ctr. = 50 Kilgr.	Wr. Ctr. 1 Ctr. = 56 Kilgr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
					für Eisenbahngeleise						
					1	2	1	2	1	2	
2,766	9,22	8,75	2217,77	1980,15	2331	—	12,98	—	12,15	—	Die Brücke ist schief unter 80° 30'.
2,300	7,67	7,27	1674,51	1495,10	1750	—	10,55	—	2,92	—	Zwischen Oberstein und Birkenfeld befinden sich noch zwei ganz gleiche Brücken über die Nahe.
2,625	8,75	8,30	1846,00	1248,81	1923	3846	11,54	23,08	10,85	21,70	Die Brücke ist für 2 Geleise ausgeführt.
2,625	8,75	2,30	1771,00	1581,25	1845	3690	11,07	22,14	10,41	20,82	Die Brücke ist schief und für zwei Geleise ausgeführt.
2,55	8,50	8,07	4984,00	4450,00	1731	3461	10,38	20,77	9,76	19,53	
2,625	8,75	8,30	1846,00	1648,81	1923	3846	11,54	23,06	10,85	21,70	Die Brücke ist für zwei Geleise angelegt.
2,050	6,83	6,48	4921,50	4396,23	1465	—	8,79	—	8,27	—	Jede Oeffnung ist für sich überbrückt.
2,050	6,83	6,48	3584,00	3200,00	1481	—	8,88	—	8,35	—	
2,366	7,55	7,47	2670,00	2383,92	1838	—	11,06	—	10,32	—	
2,400	8,00	7,59	5522,86	4931,12	1866	3772	11,32	22,63	10,65	21,29	
3,453	11,51	10,92	1220,00	1089,28	1236	—	7,38	—	2,94	—	
2,420	8,07	7,60	1881,60	1680,00	1889	—	11,33	—	10,66	—	
2,547	8,49	8,06	4847,01	4327,70	1618	3236	9,72	19,44	9,12	12,26	
Höhe in der Mitte 3,710	12,37	11,74	1132,36	1011,08	1132	—	6,79	—	6,39	—	Jede Oeffnung für sich überbrückt. Die Stützweite der Auflagerpunkte beträgt 22 Meter.
2,753	9,19	8,71	910,00	812,50	1799	—	10,80	—	10,15	—	Die Zugstreben sind aus Flacheisen, die Druckstreben aber aus Flach- und Winkeleisen zusammengesetzt.
2,400	8,00	7,50	1570,00	1401,78	1534	3067	9,20	18,40	8,66	17,31	
2,625	8,75	8,30	5564,00	4967,82	1811	3622	10,87	21,74	10,22	20,44	Die Brücke ist für zwei Geleise ausgeführt.
2,700	9,00	8,54	2778,00	2480,35	1808	—	12,85	—	12,20	—	Die Brücke über die grosse Emme bei Burgdorf ist genau ebenso.
1,975	6,58	6,25	4599,23	4106,46	1515	—	8,97	—	8,45	—	
1,975	6,58	6,25	6514,44	5812,46	1589	—	9,53	—	8,97	—	Die Brücke ist schief.

1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1, = 0,31611 m
221	Brücke über die Ybbs in der k. k. Elisabethbahn, zwei über je zwei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1858	Hornbostel	4	4.25,624 = 102,496	4.85,41 = 341,64	4.81,00 = 324,00
222	Drehbrücken zu beiden Seiten der Rheinbrücke bei Kehl, drei segmentförmige Blechträger für zwei zwischenliegende Geleise; die ganze Länge der Drehbrücke ist 44 Meter.	1861	Keller	2	26,000 26,000 52,000	86,67 86,67 173,34	82,25 82,25 164,50
223	Viaduct über die Strasse von Ansbach nach Würzburg, zwei Pauli'sche Träger für ein dazwischenliegendes Geleise.			1	26,269	87,56	83,12
224	Brücke über die kleine Emme bei Emmenbaum in der Schweiz, zwei über alle vier Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein zwischenliegendes Geleise.	1849	Etzel	4	24,000 + 2.28,800 + 24,000 = 105,600	80,00 + 2.96,00 + 80,00 = 352,00	75,93 + 2.91,10 + 75,93 = 334,06
225	Isarbrücke bei Grosshesselohe unweit München (die beiden Seitenöffnungen), vier Pauli'sche Träger für zwei darüberliegende Träger.	1858	Pauli	2	2.28,220 = 56,440	2.94,07 = 188,14	2.89,30 = 178,60
226	Eisackbrücke bei Atzwang zwischen Innsbruck und Botzen, zwei continuirliche Gitterträger für ein zwischenliegendes Geleise. Maschweite 4', die Druckstreben sind aus Flach- u. Winkeleisen zusammengesetzt.	1865	Pressel	3	25,289 + 30,346 + 25,289 = 80,924	84,30 + 101,15 + 84,30 = 269,75	80,00 + 96,00 + 80,00 = 256,00
227	Eisenbahnbrücke bei Sennfeld zwischen Heidelberg und Mosbach, zwei gerade Fachwerkträger für ein darüberliegendes Geleise.	1861	Keller	1	27,000	90,00	85,44
228	Eisenbahnbrücke bei Reilsheim zwischen Heidelberg und Mosbach, zwei Bogen-Fachwerkträger für ein darüberliegendes Geleise.	1861	Keller	1	27,000	90,00	85,44
229	Lippestrombrücke bei Wesel in der Köln-Mindener-Bahn, zwei Gitterträger für ein zwischenliegendes Geleise.	1856		2	2.27,201 = 54,402	2.90,67 = 181,34	2.86,07 = 172,14
230	Ockerbrücke in Braunschweig, drei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für zwei dazwischenliegende Geleise.	1856		2	2.27,394 = 82,182	3.91,31 = 273,94	3.86,66 = [illegible]
231	Nahebrücke bei Fischbach in der Rheinnahebahn, zwei Gitterträger für ein zwischenliegendes Geleise.			3	27,390 + 27,750 + 27,060 82,150	91,31 + 92,50 + 90,20 273,97	86,62 + 87,78 + 85,61 260,00
232	Ferrica-Brücke zwischen Sielwina u. Rogumilovice in Galizien, zwei dreifache Schifkorn'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise.		Schifkorn	2	2.27,800 = 55,60	2.92,67 = 185,33	2.87,97 = 175,94
233	Brücke über die Miess zwischen Marburg und Villach, zwei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein darüberliegendes Geleise.	1863	Etzel	3	2.25,294 + 33,129 = 84,717	2.85,16 + [illegible] = 282,39	2.81,00 + 104,80 = 266,00
234	Erlafbrücke in der k. k. Elisabethbahn, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein Geleise dazwischen.	1858	Hornbostel	2	2.28,400 = 85,350	2.94,83 = 284,50	2.90,00 = 270,00
235	Brücke über die Wölka, zwischen Marburg und Villach, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein darüberliegendes Geleise.	1863	Etzel	1	28,450	94,83	90,00
236	Wisznia-Brücke in Galizien, zwei vierfache Schifkorn'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise.		Schifkorn	2	2.28,500 = 57,000	2.95,00 = 190,00	2.90,00 = 180,00
237	Salzachbrücke in der k. k. Elisabethbahn, zwei über je zwei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus [illegible] Eisen für zwei dazwischenliegende Geleise.	1858	Hornbostel	5	5.28,760 = 143,800	5.95,89 = 479,46	5.91,00 = 455,00
238	Brücke über die Enz in Pforzheim (Baden), zwei Gitterträger aus Flacheisen zwischen welchen eine 18' breite Fahrstrasse liegt.	1852	Näher	2	2.29,161 = 58,322	2.97,20 = 194,40	2.92,25 = 184,50
239	Brücke über die Aare bei Solothurn, zwei über drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1857	Etzel	3	2.28,800 + 31,200 = 88,800	2.96,00 + 104,00 = 296,00	2.91,10 + 98,70 = 280,90

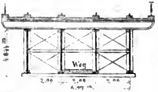
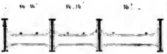
	9						10
der tion und n	Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Netzweite) berechnet für						Bemerkungen
. Ctr. Ctr. Kigr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
	für Eisenbahngeleise						
	1	2	1	2	1	2	
33,52	1499	—	8,96	—	8,43	—	
54.14	7945	15889	47,66	95.32	44,85	89,69	
46,65	1165	—	7,00	—	6,59	—	
80,36	1792	—	10,76	—	10,12	—	
91.64	1385	2770	8,31	16,62	7,82	15,63	Die zwei Mittelöffnungen der Brücke siehe unter Nr. 295.
00,00	1730	—	10,38	—	9,77	—	Die Widerlager stehen rechtwinklich, die Pfeiler schief unter 75°.
24,63	1710	—	10,26	—	9.65	—	
75,09	1815	—	10,89	—	10,24	—	
85,00	1858	—	11,14	—	10,48	—	
34.16	2329	4657	19,97	27,93	13,14	26,28	 Die Brücke ist schief unter 65°.
00,18	1908	—	11.44	—	10,77	—	
00,00	1819	—	10,87	—	10,23	—	
00,36	2043	—	12,25	—	11,53	—	Die Brücke ist schief unter 40°.
00,66	1634	—	9.80	—	9,22	—	Die Brücke ist schief.
97,63	2191	—	12.96	—	12,19	—	
00,00	1768	—	10,61	—	10,00	—	
61,00	1532	3061	9,18	18,36	8,64	17,28	Die Mittelöffnung ist für sich überbrückt.
92,00	—	Fahrstrasse 1433	—	Fahrstrasse 8,59	—	Fahrstrasse 8,08	Jede Oeffnung ist für sich überbrückt
78,80	1751	—	10,51	—	9,88	—	

1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1' = 0,31611 m.
240	Brücke über die Kainach (Linie Wien Triest) zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein zwischenliegendes Geleise.	1862	Etzel	2	2.29,777 = 59,555	2.99,26 = 195,53	2.94,20 = 188,40
241	Creu-Brücke in Frankreich, drei Blechträger für zwei dazwischenliegende Geleise.		Clapeyron	1	30,000	100,00	94,90
242	Brücke über die Waag bei Ternone in Ungarn (k. k. österr. Staatseisenbahngesellschaft) zwei Gitterträger aus ⌒ Eisen für ein daraufliegendes Geleise. Die Träger sind für je drei, zwei und drei Oeffnungen zusammenhängend; Maschweite 6,2'. Auf den Pfeilern sind gusseiserne Stützen.	1865	Ruppert	8	3.30,030 + 2.30,030 + 3.30,030 = 240,240	3.100,10 + 2.100,10 + 3.100,10 = 800,80	3.95,00 + 2.95,00 + 3.95,00 = 760,00
243	Stegbrücke bei Betzdorf, zwei Gitterträger für ein dazwischenliegendes Geleise.	1856		2	2.30,336 = 60,672	2.101,12 = 202,24	2.96,00 = 192,00
244	Brücke über die Brixenthaler Ache bei Wörgl in Tirol, zwei Tragwände für ein zwischenliegendes Geleise. Die Tragwände sind Doppelgitterträger aus Flacheisen, verstärkt durch ⌊ und ⊥ Eisen und Quergitter.	1858	Hoffmann	1	30,344	101,13	96,00
245	Brücke über die Thur bei Wyl in der Schweiz, zwei über alle vier Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein darüberliegendes Geleise.	1855	Etzel	4	2.28,800 + 2.33,600 = 124,800	2.96,00 + 2.112,00 = 416,00	2.91,10 + 2.106,29 = 394,78
246	Brücke über die Glatt bei Flawyl in der Schweiz, zwei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1856	Etzel	3	2.28,800 + 36,000 = 93,600	2.96,00 + 120,00 = 312,00	2.91,10 + 113,88 = 296,08
247	Brücke über die Ruhr bei Altstaden (Köln-Mindener Bahn), zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise. Jede Oeffnung ist für sich überbrückt.	1856		5	5.31,372 = 156,875	5.104,58 = 522,90	5.99,284 = 496,42
248	Brücke über die Oder bei Oswitz nächst Breslau, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise; jede Oeffnung ist für sich überbrückt.	1856		3	3.31,372 = 94,125	3.104,58 = 313,74	3.99,29 = 297,87
249	Brücke über die alte Oder bei Glogau, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1857		12	12.31,380 = 376,68	12.104,63 = 1255,60	12.99,335 = 1192,00
250	Brücke über die neue Oder bei Glogau, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1857		3	3.31,390 = 94,170	3.104,63 = 313,90	3.99,335 = 298,00
251	Brücke über die Aare bei Olten in der Schweiz, fünf Blechbogen für zwei darüberliegende Geleise; jede Oeffnung ist für sich überbrückt.	1850	Etzel	3	3.31,500 = 105,000	3.105,00 = 315,00	3.99,645 = 298,94
252	Zwei ganz gleiche Brücken über die Anınaschlucht und das Zittinthal in der Kohlenbahn von Oravicza nach Steierdorf im Banate, zwei Gitterträger aus ⌒ Eisen für ein Geleise darauf, die Steigung der Gitterstäbe wechselt zwischen 45° und 60°. Maschweite = 5,88'.	1863	Ruppert	1	31,611	105,37	100,00
253	Brücke über die Leda bei Lehr in Hannover, zwei über alle sechs Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für ein dazwischenliegendes Geleise.	1856	Funk	6	2.36,311 + 4.29,209 = 189,858	2.121,71 + 4.97,39 = 632,86	2.115,50 + 4.92,40 = 600,60
254	Brücke über die Szeszupa zwischen Petersburg und Warschau, zwei Gitterträger aus Flacheisen für zwei Geleise dazwischen.	1861	Gouin	1	32,000	106,67	101,23
255	Brücke bei Niederlahnstein am Rhein, zwei Fachwerkträger für zwei dazwischenliegende Geleise.	1859		2	2.32,012 = 64,026	2.106,71 = 213,42	2.101,31 = 202,61
256	Schluchtbrücke bei Waldshut (Baden) zwei Blechbogen mit Fachwerk für ein darüberliegendes Geleise.	1847	Gerwig	1	33,000	110,00	104,39
257	Fluthbrücke auf der rechten Seite des Rheines bei Mainz, zwei Pauli'sche Träger für ein darüberliegendes Geleise. Jede Oeffnung für sich überbrückt.	1862	Gerber	6	6.33,240 = 199,440	6.110,80 = 664,80	6.105,13 = 630,90
258	Kinzigbrücke bei Kehl, drei Gitterträger aus Flacheisen zwischen welchen zwei Geleise liegen.	1861	Keller	3	2.37,400 + 35,400 = 100,200	2.108,00 + 118,00 = 334,00	2.102,53 + 112,02 = 317,08

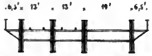
…	9						10
… der …tion … und …in	Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
… Ctr. … Ctr. … Klgr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
	für Eisenbahngeleise						
	1	2	1	2	1	2	
…40,64	2389	—	14,33	—	13,48	—	Die Widerlager sind winkelrecht, der Mittelpfeiler steht schief unter 40°.
…57,10	1267	2533	7,60	15,20	7,15	14,30	
…Lagerplatten und gusseiserne Pfeilerabsteifungen							Die Neigung der Gitterstreben wechselt zwischen 45° und 60°. Hiebei ist das Brustgeländer nicht mit eingerechnet.
…74,32	1416	—	8,50	—	7,99	—	
… Lagerplatten und gusseiserne Pfeilerabsteifungen							
…52,57	1600	—	8,59	—	8,02	—	
…49,07	2168	—	13,00	—	12,23	—	
…42,79	2662	—	15,97	—	15,03	—	Die Brücke ist schief unter 39° 40′. Das Geleise ruht auf Blechträgern, welche unten an die Gitterträger befestigt sind.
…97,09	1704	—	10,22	—	9,61	—	Das Gewicht der drei eisernen 14,67 Meter hohen Pfeiler beträgt an: Gusseisen 208…48 Klgr., Schmiedeisen 13822 „, Zusammen 222770 Klgr.
…64,70	2252	—	13,51	—	12,71	—	Das Gewicht der zwei eisernen 23,64 Meter hohen Pfeiler beträgt an: Gusseisen 242933 Klgr., Schmiedeisen 5330 „, Zusammen 248…63 Klgr.
…89,20	1809	—	10,86	—	10,21	—	
…75,88	2068	—	12,41	—	11,76	—	
…99,50	2172	—	13,03	—	12,26	—	
…52,13	2231	—	13,38	—	12,60	—	
…67,14	1962	3924	13,08	26,16	12,31	24,61	Die Brücke liegt im Gefälle von 18 : 1000 und die Blechbogen haben ¹/₈ bis ¹/₇ Verdrückung.
…66,56	1960	—	11,76	—	11,06	—	Zu beiden Seiten der Brücke schliessen sich Curven von 360′ Halbmesser im Gefälle von 1 : 50 an. Die Brücken selbst liegen horizontal.
…0,15	2539	—	15,23	—	14,33	—	
…4,86	2629	5258	15,78	31,56	14,84	29,68	
…5,00	1402	2803	8,41	16,82	7,92	15,81	Jede Oeffnung ist für sich überbrückt.
…1,63	1954	—	11,27	—	11,03	—	
…4,10	1213	—	7,28	—	6,83	—	Die Stützweite der Auflagerpunkte beträgt 35 Met.
…7,66	1950	3900	11,70	23,40	11,00	22,00	

9

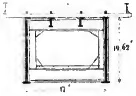
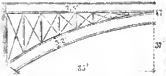
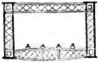
1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweite der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1' = 0,31611 m
259	Moselbrücke bei Bingen, zwei gerade Fachwerkträger für zwei dazwischenliegende Geleise, jede Oeffnung ist für sich überbrückt.	1859		3	3.34,524 = 103,572	3.115,08 = 345,24	3.109,26 = 327,78
260	Brücke über die Saane bei Freiburg in der Schweiz, vier über sieben Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger für zwei darüberliegende Geleise. Die gezogenen Streben sind aus Flacheisen, die gedrückten aus ⌴ förmigem Eisen. Die Lichtweite zwischen beiden Widerlagern beträgt 333,94 Meter. Die Brücke ruht auf eisernen Pfeilern von je 42,06 Meter Höhe, welche wiederum auf Steinpfeilern stehen, welche in der Höhe zwischen 12 bis 32 Meter wechseln.	1862	Ausgeführt von Schneider & Co. in Creusot bei Chalons sur Saone	7	39,250 + 5.44,100 + 39,250 = 299,000	130,83 + 5.147,00 + 130,83 = 996,67	124,16 + 5.139,51 + 124,16 = 945,84
261	Eisackbrücke bei Kardaun zwischen Innsbruck und Botzen, vier Gitterträger für zwei Eisenbahngeleise und eine Strassenfahrbahn, welche jeweils zwischen den Trägern liegen. Maschweite der Gitterträger = 7'. Die Gitterstreben sind aus Flach- und doppeltem Winkeleisen zusammengesetzt.	1865	Pressel	1	34,772	115,91	110,00
262	Zwischen Nürnberg und Würzburg sind neun Oeffnungen mit je zwei Pauli'schen Trägern überbrückt.			1	35,023	116,78	110,90
263	Brücke über den Allier in Frankreich, zwei über alle neun Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für zwei dazwischenliegende Geleise			9	2.18,250 + 7.40,000 = 316,500	2.60,83 + 7.133,33 = 1055,00	2.57,73 + 7.126,54 = 1001,25
264	Weichselbrücke zwischen Krakau und Bierzanow, zwei dreifache Schifkorn'sche Träger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Schifkorn	5	5.35,400 = 177,00	5.118,00 = 590,00	5.112,00 = 560,00
265	Brücke über den Dunajec zwischen Bogumilowice und Tarnow, zwei dreifache Schifkorn'sche Träger für ein dazwischenliegendes Geleise.		Schifkorn	12	12.35,400 = 424,800	12.118,00 = 1416,00	12.112,02 = 1344,30
266	Wutachbrücke zwischen Waldshut und Schaffhausen, zwei gerade Fachwerkträger für zwei Geleise darüber.	1862	Gerwig	1	36,000	120,00	113,82
267	Brücke über die Weichsel zwischen Oswiecim und Trzebinia, zwei Gitterträger für ein darüberliegendes Geleise.			5	5.36,000 = 180,000	5.120,00 = 600,00	5.113,98 = 569,90
268	Murbrücke bei Pegau (Linie Wien-Triest) zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1862	Etzel	2	2.32,455 + 44,876 = 109,786	2.108,18 + 149,22 = 365,58	2.102,67 + 141,33 = 346,67
269	Sitterbrücke bei St. Gallen in der Schweiz, zwei über alle vier Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1856	Etzel	4	2.36,940 + 2.38,400 = 150,680	2.120,80 + 2.128,00 = 497,60	2.114,64 + 2.121,41 = 472,21
270	Brücke über die Miess, zwischen Marburg und Villach, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein darüberliegendes Geleise	1868	Etzel	1	37,933	126,41	120,00
271	Neckarbrücke bei Neckarelz zwischen Heidelberg und Mosbach, zwei Gitterträger aus Flacheisen für zwei darüberliegende Geleise. Jede Oeffnung ist für sich überbrückt.	1861	Keller	5	34,5 + 39 + + 45 + 39 + 34,5 = 192,000	116 + 130 + 150 + 130 + 115 = 640,00	2.109,19 + 2.123,41 + 142,40 = 607,60
272	Brücke über die Sulm (Linie Wien-Triest), zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1863	Etzel	2	2.38,660 = 77,320	2.128,86 = 257,72	2.122,30 = 244,60
273	Rheinbrücke bei Waldshut (Linie Waldshut-Zürich), drei Gitterträger aus Flacheisen, welche über alle drei Oeffnungen zusammenhängen, für zwei darüberliegende Geleise	1858	Gerwig	2	2.34,365 + 51,818 = 120,548	2.114,35 + 172,90 = 401,60	2.108,56 + 164,14 = 381,26

8	9						10
wicht der nstruction erbau und lung in Wr. Ctr. 1 Ctr = 56 Klgr.	Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) herechnet für						Bemerkungen
	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
	für Eisenbahngeleise						
	1	2	1	2	1	2	
6935,90	1875	3750	11,25	22,50	10,58	21,16	
21428,60	2007	4013	12,04	24,08	11,33	22,67	 Gewicht der eisernen Pfeiler zusammen: Schmiedeisen 650,000 Kilogr. Gusseisen 1,300,000 " Gesammtsumme 1,950,000 Kilogr.
5160,00	1807	Für 2 Geleise u. eine Strasse 5421	10,84	Für 2 Geleise u. eine Strasse 32,52	10,20	Für 2 Geleise u. eine Strasse 30,60	
816,88	1307	—	7,82	—	7.37	—	Jede Brücke hat zwei Trottoirs.
16663,80	1473	2946	8,84	17,68	8,32	16,64	
9000,00	2695	—	17,08	—	16,07	—	
18810,36	2433	—	14,52	—	13,99	—	
2175,57	1692	3384	10,15	20,30	9,55	19,10	
4830,35	1503	—	9,02	—	8,48	—	
4480,44	2289	—	13,74	—	12,92	—	
6191,24	2322	—	13,93	—	13,11	—	Das Gewicht der drei eisernen je 47,79 Meter hohen Pfeiler beträgt an: Gusseisen = 917,560 Kilogr. Schmiedeisen = 36,722 " Zusammen 954.282 Kilogr.
1750,62	2585	—	15,51	—	14.59	—	Es sind zwei ganz gleiche Brücken über die Miess ausgeführt.
1432,73	2090	4179	12,51	25,07	11.79	23,58	Die Brücke liegt im Bogen.
3400,25	2462	—	14,72	—	13.90	—	Die Widerlager sind rechtwinklich, die Mittelpfeiler schief unter 40°.
9418,20	2189	4377	13,13	26,26	12,35	24,70	

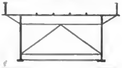
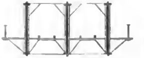
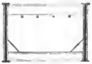
1	2	3	4	5	6		
					Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300m	Wiener Fussen 1' = 0,31611m
274	Rheinbrücke bei Constanz, vier über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Blechbogenträger, für zwei Eisenbahngeleise und eine Strassenfahrbahn, welche sämmtlich zwischen den Trägern liegen. Zu beiden Seiten sind je 6½ Fuss breite Trottoirs angebracht.	1861	Gerwig	3	3.40,000 = 120,000	3.133,33 = 400,00	3.126,54 = 372,21
275	Moselbrücke bei Coblenz, zwei über je zwei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus ⊥ Eisen für zwei dazwischenliegende Geleise.	1859	Hartwich	4	4.41,429 = 165,716	4.138,10 = 552,40	4.131,10 = 524,40
276	Theissbrücke bei Szegedin in Ungarn (Linie Szegedin-Temesvar), je vier Blechbogen mit Fachwerk und darüberliegendem über alle Oeffnungen zusammenhängenden Längsband, für zwei darüberliegende Geleise. Die Blechbogen stützen sich gegen gusseiserne mit Beton gefüllte Röhrenpfeiler mit schmiedeisernen Aufsätzen.	1858	Maniel	8	8.41,484 = 331,872	8.138,28 = 1106,24	8.131,24 = 1049,92
277	Wiesenbrücke bei Steinen (Linie Basel-Schopfheim), zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1862	Günther	1	42,000	140,00	132,86
278	Brücke bei Niederlahnstein am Rhein, zwei gerade Fachwerkträger für zwei dazwischenliegende Geleise.	1859		1	42,370	141,23	134,03
279	Normalbrücke zwischen Petersburg und Warschau, vier Gitterträger aus Flacheisen für zwei Geleise darauf.	1861	Gouin	1	42,660	142,20	134,95
280	Brücke über den Royal-Kanal bei Dublin in Irland, drei Gitterträger aus Flacheisen für zwei dazwischenliegende Geleise.	1845	Macneil	1	42,678	142,26	135,00
281	Brücke über die Gurk zwischen Marburg und Villach, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1863	Etzel	2	2.38,565 + 52,790 = 129,92	2.128,55 + 175,97 = 433,07	2.122,00 + 127,00 = 411,00
282	Brücke über die Wiese bei Kleinbasel, drei Gitterträger aus Flacheisen für zwei Geleise dazwischen.	1856	Gerwig	1	43,590	145,30	137,93
283	Draubrücke bei Gottesthal zwischen Marburg und Villach, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1864	Etzel	3	2.39,608 + 52,790 = 132,006	2.132,03 + 175,97 = 440,03	2.125,30 + 167,00 = 417,60
284	Draubrücke bei St. Ulrich zwischen Marburg und Villach, zwei continuirliche Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1864	Etzel	3	2.39,608 + 52,790 = 132,006	2.132,03 + 175,97 = 440,03	2.125,30 + 127,00 = 417,60
285	Brücke über den Innfluss in Nordtirol nächst Bichelweng, zwei Doppelgitterträger aus Flacheisen, welche durch diagonale Zwischengitter verbunden und versteift sind, für zwei dazwischenliegende Geleise.	1852	Hofmann	1	44,887	149,62	142,00
286	Brücke über die Gran in Ungarn (Linie Pressburg-Pest) zwei Gitterträger aus –⌒– Eisen für zwei dazwischenliegende Geleise, die Träger sind über alle drei Oeffnungen zusammenhängend und haben beiderseits Trottoirs. Die Maschweite des Gitterwerks ist 5,414'.	1859	Ruppert	3	43,234 + 50,603 + 43,234 = 137,071	144,11 + 168,68 + 144,11 = 456,90	136,77 + 160,08 + 136,77 = 433,62
287	Crumlin-Viaduct in England, System Warrens, vier Träger für zwei darüberliegende Geleise; jede Oeffnung für sich überbrückt.	1853	Liddel und Gordon	11	11.45,719 = 502,909	11.52,40 = 1676,40	11.144,63 = 1590,93
288	Normalbrücke zwischen Petersburg und Warschau, vier Gitterträger aus Flacheisen für zwei Geleise darüber.	1862	Gouin	1	47,000	156,67	148,73

7			8		9						10
Höhe der Brückenträger in			Eigengewicht der Eisenconstruction ohne Oberbau und Bedielung in		Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
					1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
					für Eisenbahngeleise						
Meters	Deutschen Fussen	Wiener Fussen	Zoll-Ctr. 1 Ctr. = 50 Kilgr.	Wr. Ctr. 1 Ctr. = 56 Kilgr.	1	2	1	2	1	2	
Pfeilhöhe 3,300 | 11,00 | 10,44 Höhe in der Mitte 5,300 | 17,67 | 16,77 also Schnittstärke 2,000 | 6,67 | 6,33			17135,00	15299,11	1785	Für 2 Geleise, eine Strasse und 2 Trottoirs 7140	10,71	Für 2 Geleise, eine Strasse und 2 Trottoirs 42,84	10,08	Für 2 Geleise, eine Strasse und 2 Trottoirs 40,30	 Mittleres Feld horizontal, die beiden Seitenfelder liegen in einem Gefälle von 1 : 286.
3,792	12,64	12,00	11020,46	2839,70	1663	3326	9,98	18,95	6,39	18,78	
Pfeilhöhe der Bogen 5,538 | 18,20 | 17,45 Höhe der Bogen und Längsbänder im Scheitel 0,983 | 3,28 | 3,11			23808,96	21258,00	1794	3587	10,76	21,52	10,13	20,23	Die sieben Pfeiler bestehen aus 14 Röhren. Mittlere Länge einer Röhre = 21,217 Meter. Versenkungstiefe aller 14 Röhren = 96,91 Meter. Das Gewicht derselben beträgt an: Gusseisen = 946,742 Kilogr. Schmiedeisen = 423,158 „ Zusammen 1,369,900 Kilogr.
3,900	13,00	12,34	2505,00	2236,60	2962	—	17,89	—	16,83	—	 Die Brücke ist schief unter 45°.
4,760	15,87	15,06	3037,60	2712,14	1792	3584	11,75	21,50	10,12	20,23	
3,500	11,66	11,07	4812,56	4303,18	2824	5648	16,95	33,90	15,93	31,86	Ist für mehrere Brückenöffnungen ausgeführt.
5,332	17,77	16,87	2159,13	1927,80	1265	2530	7,59	15,18	7,14	14,28	Die Brücke war zu schwach und musste bereits reconstruirt werden.
4,631	15,47	14,65	7018,14	6264,41	2701	—	16,20	—	15,24	—	
3,800	12,00	11,39	4447,95	3971,38	2551	5102	15,31	30,61	14,40	28,79	Die Brücke hat zwei ausserhalb liegende Trottoirs.
4,362	14,54	13,80	6572,69	5871,14	2490	—	14,94	—	14,06	—	
4,362	14,54	13,80	6559,16	5856,36	2484	—	14,90	—	14,02	—	
4,425	14,75	14,00	4579,54	4088,88	2551	5101	15,31	30,61	14,40	28,73	
6,510	21,70	20,60	Gewicht sammt den Pfeilerstützen 13525,80 | 12076,61 Gewicht ohne Pfeilerstützen 12006,83 | 10720,39		Mit Einrechnung der Pfeilerstützen 2467 | 4934 | 14,82 | 29,63 | 13,96 | 27,85 Nach Abzug der Pfeilerstützen, Portalbogen und Unterlagsplatten 2190 | 4380 | 13,14 | 26,28 | 12,36 | 24,72						Die Brücke ist schief unter 41° 47' und hat auf den Zwischenpfeilern gusseiserne Stützen sowie zur Verbindung der Steinportale gusseiserne Verbindungsbogen.
4,572	15,24	14,46	2032,00	1814,30	1010	2020	6,07	12,33	6,27	12,54	
4,000	13,33	12,65	5220,00	4660,71	2777	5553	16,66	33,32	15,67	31,34	Ueber mehrere Flüsse zur Ausführung gebracht.

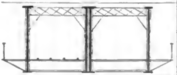
1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1' = 0,31611 m
289	Brücke über den Radtbach zwischen Marburg und Villach, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein darüberliegendes Geleise.	1863	Etzel	1	47,416	158,05	150,00
290	Wiesenbrücke bei Bromback in Baden (Linie Basel-Schopfheim), zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1862	Günther	1	48,000	160,00	151,84
291	Eipelbrücke bei Szobb in Ungarn unweit Gran (Linie Pressburg-Pest), zwei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus ⌒ Eisen für zwei dazwischenliegende Geleise und zwei ausserhalb liegende Trottoirs. Maschweite des Gitterwerks = 5,818'.	1859	Ruppert	3	44,571 + 56,900 + 44,571 = 146,042	148,57 + 189,66 + 148,57 = 486,80	141,00 + 180,00 + 141,00 = 462,00
292	Brücke über den Greuthback zwischen Marburg und Villach, zwei Gitterträger aus Flacheisen für ein darüberliegendes Geleise	1863	Etzel	1	49,312	164,38	156,00
293	Brücke über die Aare bei Bern für Eisenbahn und Strasse. Zwei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen mit Verticalabsteifungen. Auf den Trägern liegen zwei Eisenbahngeleise, zwischen denselben, auf den untern Gürtungen ruhend, eine Strassenfahrbahn.	1858	Etzel	3	50,000 + 57,200 + 50,000 = 157,200	166,66 + 190,66 + 166,66 = 524,00	158,16 + 180,94 + 158,16 = 497,26
294	Brücke über die Drau bei Marburg (Linie Wien-Triest), vier Blechbogen mit daraufgelegten Längenträgern und zwischenliegendem Fachwerk, für drei darüberliegende Geleise. Höhe der Blechbogen 3,2', Höhe der Längenträger = 2,5', Höhe im Scheitel (Bogen und Längenträger) = 5,7'.	1865	Etzel	3	3.52,474 = 157,422	3.174,91 = 524,74	3.166,00 = 498,00
295	Isarbrücke bei Grosshesselohe unweit München (Mittelöffnungen), vier Pauli'sche Träger für zwei darüberliegende Geleise, jede Oeffnung für sich überbrückt.	1859	Pauli	2	2.52,54 = 105,08	2.175,13 = 350,27	2.166,28 = 332,56
296	Brücke über den Bog zwischen Petersburg und Warschau, zwei über alle fünf Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen mit Verticalabsteifungen für zwei dazwischenliegende Geleise.	1862	Gouin	5	48,925 + 3.55,560 + 48,925 = 264,530	163,08 + 3.185,20 + 163,08 = 881,76	154,77 + 3.175,75 + 154,77 = 836,79
297	Brücke über den Narew zwischen Petersburg und Warschau, zwei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen mit Verticalabsteifungen für zwei Geleise dazwischen.	1862	Gouin	3	2.49,500 + 60,000 = 159,000	2.165,00 + 200,00 = 530,00	2.156,59 + 189,81 = 502,99
298	Brücke über den Boyne-Fluss bei Drogheda in England, zwei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Doppelgitterträger für zwei zwischenliegende Geleise.	1855	John Macneill und James Barton	3	2.42,675 + 81,240 = 166,590	2.142,25 + 270,80 = 555,30	2.135,00 + 257,00 = 527,00

7			8		9						10
Höhe der Brückenträger in			Eigengewicht der Eisenconstruction ohne Oberbau und Bedielung in		Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
					1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
					für Eisenbahngeleise						
Metern	Deutschen Fussen	Wiener Fussen	Zoll-Ctr. 1 Ctr. = 50 Klgr.	Wr. Ctr. 1 Ctr. = 56 Klgr.	1	2	1	2	1	2	
4,662	15,54	14,75	2881,96	2573,18	3039	—	18,23	—	17,15	—	
5,700	19,00	18,03	3127,00	2792,50	3257	—	19,54	—	18,40	—	 Die Brücke ist schief unter 45°.
6,986	23,28	22,10	Gewicht sammt Pfeilerstützen 12851,60 ohne Pfeilerstützen 11166,36	 11474,65 9969,97	Mit Einrechnung der Pfeilerstützen 2200 Nach Abzug der Pfeilerstützen und Portalbogen und Unterlagsplatten 1212	 4400 3823	 13,20 11,47	 26,40 22,94	 12,42 10,73	 24,83 21,58	Die Brücke hat auf den Zwischenpfeilern gusseiserne Stützen, sowie zur Verbindung der Steinportale gusseiserne Verbindungsbogen.
4,662	15,54	14,75	3071,22	2742,16	3114	—	18,68	—	17,58	—	
5,887	19,62	18,62	19154,00	17101,78	2031	Für 2 Geleise u. eine Strasse 6092	12,28	Für 2 Geleise u. eine Strasse 35,55	11,47	Für 2 Geleise u. eine Strasse 34,99	
Pfeilhöhe 11,696	38,99	37,00	30015,00	26799,18	3178	Für 3 Geleise 9533	19,12	Für 3 Geleise 57,36	17,94	Für 3 Geleise 53,82	
5,800	19,33	18,35	9254,56	8263,00	2202	4404	13,21	26,42	12,42	24,84	Die Entfernung der Stützpunkte beträgt 54 Meter. Die Seitenöffnungen siehe unter Nr. 225.
7,000	23,33	22,15	30000,00	26785,71	2835	5670	17,01	34,02	16,01	32,01	
7,125	23,75	22,55	18280,00	16321,43	2874	5748	17,25	34,50	16,23	32,45	Anordnung wie Nr. 296.
6,790	22,63	21,50	16644,32	14861,00	2498	4995	14,99	29,97	14,10	28,20	

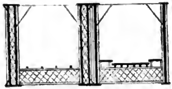
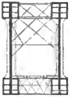
1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1' = 0,31611 m
299	Brücke über die Drau zwischen Marburg und Villach, zwei über alle fünf Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein dazwischenliegendes Geleise.	1863	Etzel	5	5.55,951 = 279,755	5.186,505 = 932,52	5.177,00 = 885,00
300	Rheinbrücke bei Kehl, drei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen mit Verticalabsteifungen für zwei dazwischenliegende Geleise. An beiden Enden sind gusseiserne Portale angebracht und auf den Pfeilern gusseiserne Aufsätze	1861	Keller	3	3.56,000 = 168,000	3.186,67 = 560,000	3.177,21 = 531,63
301	Brücke über die Weser bei Corvey zwischen Altenbeken und Holzminden, zwei parabolische Träger für zwei Geleise, jede Oeffnung für sich überbrückt.	1864	Jehobl, Hanelel, und Heyssen	4	4.56,500 = 226,000	4.188,34 = 753,34	4.178,73 = 714,94
302	Eisackbrücke bei Röthein zwischen Innsbruck und Botzen, drei Gitterträger für zwei unten angehängte Geleise. Die mittlere Gitterwand ist aus Flacheisen, bei den beiden äusseren Tragwänden sind die Zugstreben aus Flacheisen, die Druckstreben aus Flach- und doppeltem Winkeleisen construirt. Maschweite 8,13 Fuss.	1865	Pressel	1	56,900	189,66	180,00
303	Brücke über den Niemen bei Grodno in Russland, zwei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger für zwei darüberliegende Geleise.	1861	Gouin	3	2.54,400 + 65,400 = 174,200	2.181,33 + 218,00 = 580,66	2.172,09 + 206,89 = 551,07
304	Windsorbrücke in England, drei Bogenhängwerke aus Blechröhren und Blechlängsbändern für zwei dazwischenliegende Geleise. Zwischen den Röhren und Längsbändern liegt ein Fachwerksystem von Verticalstützen und Diagonalbändern.		Brunel	1	58,800	196,00	186,00
305	Aspernbrücke über den Donaukanal in Wien, vier Ketten, je zwei übereinanderliegend und durch Diagonalstangen verbunden, für eine 32 Fuss breite Fahrstrasse dazwischen und zwei ausserhalb liegende Gehwege von je 10 Fuss Breite. Kettenquerschnitt = 340 Quadratzoll = 2381,1 Quadratmeter.	1864	Schnirch und Fillunger	1	58,800	196,00	196,00
306	Brücke über den Pregel bei Königsberg, zwei Gitterträger aus Flacheisen für zwei dazwischenliegende Geleise.			1	61,240	204,13	193,73
307	Kinzigbrücke bei Offenburg in Baden, drei Gitterträger aus Flacheisen ohne Absteifungen, für zwei dazwischenliegende Geleise und zwei ausserhalb liegende Gehwege mit Brustgeländer.	1852	Ruppert	1	62,835	209,45	198,77
308	Willis-Brücke zwischen Petersburg und Warschau, zwei Gitterträger aus Flacheisen für zwei darüberliegende Geleise.	1862	Gouin	2	64,000	213,33	202,46
309	Brücke bei Langon in Frankreich, zwei über alle drei Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für zwei dazwischenliegende Geleise.	1856	E. Flachat und Clapeyron	3	2.62,840 + 74,420 = 200,100	2.209,47 + 248,06 = 667,00	2.198,79 + 235,42 = 633,00
310	Brücke über einen Arm des Don bei Nowotscherkask in Südrussland, zwei Gitterträger aus —⌒— Eisen für zwei dazwischenliegende Fahrgeleise.	1863	Panajeff	1	67,000	223,33	211,95

7			8		9						10
Höhe der Brückenträger in			Eigengewicht der Eisenconstruction ohne Oberbau und Bedielung in		Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
Metern	Deutschen Fussen	Wiener Fussen	Zoll-Ctr. 1 Ctr. = 50 Kigr	Wr.-Ctr. 1 Ctr. = 56 Kigr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
					für Eisenbahngeleise						
					1	2	1	2	1	2	
5,484	18,28	17,35	16733,70	14942,50	2991	—	17,96	—	16,88	—	
6,060	20,20	19,15	23449,86	20937,38	3490	6979	20,94	41,87	19,69	39,38	Die Portale nebst Statuen, sowie die Pfeileraufsätze und Gitterbekrönung wiegen zusammen 4580,78 Zollcentner und sind in vorstehenden Gewichten nicht mit inbegriffen. 
			14732,86	13154,34	1630	3260	9,78	19,56	9,27	18,54	Die Brücke ist schief unter 70°
6,594	21,98	20,86	Mit den Portalen 6717,00 | 5997,32; ohne die Portale 6337,00 | 5658,00		Mit den gusseisernen Portalen 2951 | 5902 | 17,71 | 35,42 | 16,61 | 33,32; ohne die gusseisernen Portale 2784 | 5568 | 16,71 | 33,42 | 15,72 | 31,43						An den Stirnseiten sind Portale angebracht, deren Gewicht beträgt an: Gusseisen = 220 Zollcentner, Schmiedeisen = 160 „, Zusammen 380 Zollcentner
7,000	23,33	22,13	26490,34	23652,09	3802	7605	22,81	45,62	21,46	42,92	
7,620	25,40	24,11	8000,00	7142,96	3402	6803	20,41	40,82	19,20	38,40	
Kettenpfeil 2,087 | 6,96 | 3,30			8501,92	7591,00	Für eine Fahrstrasse von 32 Fuss Breite und für zwei Gehwege von je 10 Fuss, zusammen 52 Fuss Breite: — | 7229 | — | 43,38 | — | 40,81						Entfernung der Stützpunkte der Ketten = 62,590 Meter = 198 Wiener Fuss. Entfernung der beiden übereinanderhängenden Ketten = 3 Fuss = 0,948 Meter.
6,991	23,30	22,12	6637,86	5926,66	2710	5419	16,26	32,51	15,30	30,69	
6,234	20,78	19,73	6990,00	6241,02	2781	5562	16,69	33,37	15,70	31,40	
7,000	23,33	22,15	10940,00	9767,86	4274	8547	25,64	51,28	24,11	48,22	
5,500	18,33	17,40	19174,40	17120,00	2396	4792	14,38	28,75	13,52	27,04	
7,590	25,30	24,01	8000,00	7142,96	2985	5970	17,69	35,37	16,85	33,70	

1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1' = 0,31611 m
311	Brücke über die Garonne bei Bordeaux in Frankreich, zwei über alle sieben Oeffnungen zusammenhängende Fachwerkträger für zwei dazwischenliegende Geleise.	1860	Bommart und Regnault	7	55,960 + 5.74,256 + 55,960 = 483,200	186,53 + 5.247,59 + 186,53 = 1610,78	177,03 + 5.234,905 + 177,03 = 1528,58
312	Brücke über den Niemen bei Kowno in Russland, zwei über alle vier Oeffnungen zusammenhängende Blechträger für zwei dazwischenliegende Geleise.	1861	Gouin	4	69,300 + 2.75,700 + 69,300 = 290,000	231,00 + 2.252,33 + 231,00 = 966,66	219,23 + 2.239,47 + 219,23 = 917,40
313	Trent Brücke bei Newark in England, zwei Fachwerkträger, System Warren, für ein zwischenliegendes Geleise. Die obern Rahmen der Träger sind Gussröhren, die untern bestehen aus Blechstäben (kettenartig), welche zwischen den Diagonalstreben des Fachwerkes durch Verticalbolzen aufgehängt sind.		M. J. Cubitt	1	73,300	244,34	231,88
314	Victoria-Brücke bei Montreal in America über den St. Lorenzstrom, über je zwei Oeffnungen zusammenhängende Blechröhren für ein darinliegendes Geleise.		R. Stephenson und A. M. Ross	24	24.73,760 = 1770,24	24.245,867 = 5900,80	24.233,336 = 5600,00
315	Eisenbahnkettenbrücke über den Donaukanal in Wien, vier Ketten, je zwei übereinanderhängend und durch Diagonalstreben miteinander verbunden, für zwei zwischenliegende Bahngeleise. Kettenquerschnitt = 248 Quadratzoll = 1722 Quadratmeter	1860	Schnirch und Fillunger	1	79,600	265,33	252,00
316	Brücke über die Duna zwischen Petersburg und Warschau, zwei Doppelgitterträger aus Flacheisen für zwei dazwischenliegende Geleise und Gehwege ausserhalb. Jede Oeffnung ist für sich überbrückt.	1862	Gouin	3	3.85,320 = 255,960	3.284,40 = 853,20	3.269,90 = 809,70
317	Brücke über den Rhein bei Mannheim, zwei gerade Fachwerkträger für zwei zwischenliegende Geleise und einen 2 Meter breiten Gehweg ausserhalb auf der südlichen Seite.	1865 und 1866	Basler	3	3.87,330 = 261,990	3.291,10 = 873,30	3.276,26 = 828,78
318	Strassenbrücke über den Rhein bei Mannheim, zwei gerade Fachwerkträger für eine zwischenliegende 8,5 Meter breite Fahrstrasse und einen 2 Meter breiten auf der Nordseite ausserhalb liegenden Gehweg.	1865 und 1866	Basler	3	3.87,330 = 261,990	3.291,10 = 873,30	3.276,26 = 828,78
319	Victoriabrücke bei Montreal in America über den St. Lorenzstrom, eine Blechröhre für ein darinliegendes Geleise.		R. Stephenson und A. M. Ross	1	91,438	304,79	289,26
320	Brücke bei Chepstow in England, eine versteifte Hängebrücke aus einer geraden horizontalen Blechröhre, an welcher 2 Ketten mit Verticalabsteifungen hängen, zwischen welchen ein Geleise liegt.	1852	Brunel	1	92,970	309,90	294,01
321	Rheinbrücke bei Coblenz, drei Bogenträger mit Fachwerk für zwei, theilweise dazwischen, theilweise darüberliegende Geleise.	1864	Hartwich, Bendel und Sternberg	3	3.96,667 = 290,000	3.322,22 = 966,67	3.305,81 = 917,42
322	Versteifte Kettenbrücke über die Aare bei Aarau, vier Ketten, je zwei übereinanderliegend und durch Diagonalstreben miteinander verbunden und versteift, für eine zwischenliegende 20 Fuss breite Strassenbahn und zwei ausserhalb der Kette liegende 4,12 Fuss breite Gehwege. Querschnitt der vier Ketten = 540 Quadratmeter.	1850	Dollfuss	1	97,500	325,00	308,44
323	Nogatbrücke bei Marienburg in Preussen, zwei zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen für ein Geleise und zwei erhöhte Gehwege dazwischen.	1856	Lentze	2	2.97,920 = 195,840	2.326,40 = 652,80	2.309,77 = 619,54
324	Rheinbrücke zwischen Köln und Deutz, zwei über je 2 Oeffnungen zusammenhängende Doppelgitter aus Flacheisen für zwei dazwischenliegende Geleise. Die Doppelgitter sind durch Quergitter mit einander verbunden und dadurch abgesteift.	1859	Lohse	4	4.98,235 = 392,940	4.327,45 = 1309,80	4.310,765 = 1243,06

7			8		9						10
Höhe der Brückenträger in			Eigengewicht der Eisenconstruction ohne Oberbau und Bedielung in		Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
Metern	Deutschen Fussen	Wiener Fussen	Zoll-Ctr. 1 Ctr. = 50 Kilgr.	Wr. Ctr. 1 Ctr. = 56 Kilgr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr.		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
					für Eisenbahngeleise						
					1	2	1	2	1	2	
6,350	21,17	20,07	62920,20	56178,75	3256	6511	19,53	39,06	18,38	36,75	Die Flusspfeiler bestehen aus je zwei mit Beton gefüllten Gussröhren von 3,80 Meter Durchmesser. Die Brücke liegt theilweise in einem Gefälle von 1 : 200.
6,656	22,19	21,06	39202,66	35002,37	3380	6759	20,29	40,55	19,08	31,15	Die Flusspfeiler bestehen aus je zwei mit Beton gefüllten Gussröhren von 3 Meter Durchmesser.
4,880	16,26	15,44	9880,00	8821,43	3370	6740	20,22	40,43	18,02	38,04	Es sind zwei voneinander unabhängige Geleise ausgeführt.
5,490 bis 9,500	18,26 bis 31,66	17,35 bis 30,63	156067,77	139337,30	4408	—	26,86	—	24,88	—	Dies sind die Seitenöffnungen, die Mittelöffnung siehe unter Nr. 319.
4,236	14,12	13,40	8913,86	7958,80	2798	5595	16,78	33,57	15,79	31,58	Entfernung der beiden Stützpunkte der Ketten = 264 Fuss = 83,453 Meter Entfernung der beiden übereinanderhängenden Ketten = 4 Fuss = 1,264 Meter.
9,001	30,00	28,48	60000,00	53571,43	5860	11720	35,16	70,32	33,08	66,16	
10,00	33,34	31,64	40684,80	36322,93	3882	7764	23,29	46,58	21,91	43,82	
10,00	33,34	31,64	30064,00	26842,86	—	Für 1 Strasse und 1 Gehweg 5738	—	Für 1 Strasse und 1 Gehweg 34,42		Für 1 Strasse und 1 Gehweg 32,38	
6,640	22,18	21,02	18196,00	10089,27	6669	—	40,01	—	37,64	—	Dies ist die Mittelöffnung, die Seitenöffnungen siehe unter Nr. 314
15,300	51,00	48,40	8356,74	6846,30	5027	—	30,18	—	28,39	—	Es sind zwei voneinander ganz abgesonderte Brückengeleise nebeneinander ausgeführt.
Pfeilhöhe 8,788 | 29,89 | 27,81 Bogenstärke 3,138 | 10,46 | 9,93			36065,30	32201,18	3109	6218	18,65	37,30	17,55	35,09	Die Brückenbedielung ist so hergestellt, dass auch gewöhnliches Fuhrwerk verkehren kann.
Kettenpfeil 8,250 | 27,50 | 26,10			1777,00	1586,60	Für 1 Fahrstr. und 2 Gehwege 911	—	Für 1 Strasse und 2 Gehwege 5,47	—	Für 1 Strasse und 2 Gehwege 5,14	—	Entfernung der Stützpunkte der Ketten = 102 Meter = 340 Fuss. Entfernung der beiden übereinanderliegenden Ketten von Mitte zu Mitte gemessen = 1,35 Fuss. Ganze Breite der Brücke sammt Gehwege = 32,3 Fuss. Das Eisen zur Befestigung des Brustgeländers von Holz nicht mitgerechnet
7,000	25,33	24,03									Das Gewicht dieser sehr interessanten Brücke wurde nicht veröffentlicht, obschon es sehr wünschenswerth wäre.
8,631	28,77	27,30	56700,00	50678,50	3611	7222	21,67	43,33	20,39	40,77	Die Stützweite der Hauptträger beträgt 103,648 Meter.

1	2	3	4	5	6		
Post-Nr.	Bezeichnung der Objecte	Bauzeit	Constructeur	Zahl der Oeffnungen	Lichte Spannweiten der Oeffnungen in		
					Metern	Deutschen Fussen 1' = 0,300 m.	Wiener Fussen 1' = 0,31611 m
325	Rheinbrücke zwischen Köln und Deutz, zwei über je 2 Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen mit Verticalabsteifungen für eine 16 Fuss breite Fahrstrasse und beiderseits je 5,6 Fuss breite erhöhte Fusswege, zwischen den Trägern liegend.	1859	Lohse	4	4.98,235 = 392,940	4.327,45 = 1309,80	4.310,765 = 1243,06
326	Brücke über den alten Rhein bei Griethausen zwischen Cleve und Zevener, zwei Fachwerkträger für ein zwischenliegendes Geleise.	1864		1	100,433	334,78	317,82
327	Rheinbrücke bei Mainz, zwei gekrümmte Fachwerkträger, System Pauli, für ein dazwischenliegendes Geleise und einen ausserhalb liegenden Gehweg auf der Nordseite. Jede Oeffnung ist für sich überbrückt.	1862	Gerber	4	4.101,290 = 405,160	4.337,634 = 1350,53	4.320,425 = 1281,70
328	Britanniabrücke in England, eine über alle 4 Oeffnungen zusammenhängende Blechröhre für ein darin liegendes Geleise. Es sind zwei voneinander unabhängige Röhren für je ein Geleise nebeneinanderliegend ausgeführt.	1850	Stephenson	4	70,100 + 2.140,200 + 70,100 = 420,600	233,67 + 2.467,33 + 233,67 = 1402,00	221,776 + 2.443,552 + 221,776 = 1330,65
329	Weichselbrücke bei Dirschau in Preussen, zwei über je 3 Oeffnungen zusammenhängende Gitterträger aus Flacheisen und Verticalabsteifungen für ein Geleise und 2 erhöhte Gehwege dazwischen.	1856	Lentze	6	6.121,150 = 726,900	6.403,83 = 2423,00	6.383,244 = 2299,46
330	Conwai-Brücke in England, eine Blechröhre für ein darinliegendes Bahngeleise.	1848	Stephenson	1	121,919	406,36	385,68
331	Saltash-Viaduct in Südengland, eine gekrümmte elliptische Blechröhre mit je einer Spannkette auf jeder Seite für ein Geleise, welches zwischen den Ketten hängt. Röhren und Ketten sind durch ein Fachwerksystem verbunden und versteift.		Brunel	2	2.138,525 = 277,050	2.461,75 = 923,50	2.438,22 = 876,44

7			8		9						10
Höhe der Brückenträger in			Eigengewicht der Eisenconstruction ohne Oberbau und Bedielung in		Eigengewicht für die Längeneinheit der lichten Spannweite (Nutzweite) berechnet für						Bemerkungen
Meters	Deutschen Fussen	Wiener Fussen	Zoll-Ctr. 1 Ctr. = 50 Klgr.	Wr. Ctr. 1 Ctr. = 56 Klgr.	1 Meter in Kilogrammen		1 deutschen Fuss in Zoll-Ctr		1 Wiener Fuss in Wiener Ctr.		
					für Eisenbahngeleise						
					1	2	1	2	1	2	
8,631	28,77	27,50	34582,24	30877,00	Für eine Fahrstrasse und zwei Gehwege —	4400	—	26,40	—	24,84	
7,708	25,69	24,39	10260,10	9160,80	5107	—	30,64	—	28,82	—	
15,000	50,00	47,45	30374,80	27119,36	3748	—	22,42	—	21,16	—	Die Brücke ist schief unter 63°. Die Entfernung der Stützpunkte der Hauptträger beträgt 105,2 Meter.
7,000 bis 9,145	23,33 bis 32,48	22,18 bis 28,93	Für die beiden Aussenöffnungen 2.27791,68	2.24814,00	9011	18022	53,47	118,94	55,94	111,88	
			Für die beiden Mittelöffnungen 2.68440,16	2.61143,00	12211	24422	73,12	146,24	68,90	137,80	
11,830	39,40	37,39	170535,00	152075,90	11716	—	70,29	—	66,13	—	
4,855 bis 7,747	22,95 bis 25,82	21,79 bis 24,68	58765,44	52469,14	12050	24100	72,30	144,60	68,02	136,04	Es liegen zwei voneinander unabhängige Röhren nebeneinander für je ein Geleise.
18,330	61,10	57,98	50720,32	45286,00	9155	—	54,02	—	51,67	—	Jede Oeffnung ist für sich überbrückt.

Man kann den laufenden Fuss einfaches Schienengeleise sammt Befestigungsmittel rund zu 50 Pfund annehmen, ferner das eichene Schwellenwerk für den laufenden Fuss einfaches Geleise zu 150 Pfund, endlich den laufenden Fuss Gedeck zu 30 bis 60 Pfund, je nachdem dasselbe stark ist, aus weichem oder hartem Holze besteht, und die Brücke mit einem besonderen Gehweg versehen ist oder nicht, so dass das Gewicht des Oberbaues und der Bedielung für den laufenden Fuss einfaches Geleise mit 230 bis 260 Pfund oder für den laufenden Meter mit rund 400 bis 450 Kilogr. in Rechnung zu stellen ist.

Soll das Gedeck so hergestellt werden, dass die Brückenbahn im Nothfalle auch zum Uebergange für gewöhnliches Fuhrwerk dienen kann, *) so erhöht sich das Gewicht desselben bedeutend und kann bis 500 Pfund für den laufenden Fuss oder bis 830 Kilogr. für den laufenden Meter einfaches Geleise steigen.

V.

Was endlich die unter (1) *A (c) (d)* und *(e)* angeführten Verticalkräfte betrifft, so sollen Verticalstösse von der sich über eine Brücke hinbewegenden Last nicht vorkommen und finden bei einer guten Ausführung und Instandhaltung des Fahrgeleises, sowie bei vollständig gutem Zustande der Fahrbetriebsmittel bei Eisenbahnen auch nicht statt. Freilich lassen die Fahrbetriebsmittel sehr häufig viel zu wünschen übrig, und wenn die Räder unrund gelaufen sind, so erfolgen allerdings mehr oder minder heftige Stösse, welche die ganze Construction in eine vibrirende Bewegung setzen. Diese kleinen Stösse und Vibrationen entziehen sich jedoch jedweder Rechnung, desshalb darf man das Material eben schon durch die ruhende Last nicht zu sehr in Anspruch nehmen lassen, damit dasselbe durch diese Vibrationen nicht Noth leidet. Wollte man aber auf die, auf einer Brücke möglicherweise stattfindenden Unglücksfälle, z. B. Achsenbrüche, Entgleisungen u. s. w. Rücksicht nehmen, so müssten alle Theile so unverhältnissmässig stark gemacht werden, dass schon des dadurch gesteigerten Eigengewichtes wegen grosse Spannweiten gar nicht mehr überbrückt werden könnten; desshalb und weil sich solche Unglücksfälle in der Regel auch aller Berechnung entziehen, ferner weil bei einiger Vorsicht beim Bahnbetriebe solche Fälle, wenn nicht ganz vermieden werden können, so doch äusserst selten vorkommen werden, und man ja nicht für solche Ausnahmsfälle construirt, können bei der Berechnung einer Eisenbahnbrücke, diese durch etwa vorkommende verticale Stösse hervorgebrachten Verticalkräfte ausser Acht gelassen werden, wenn das Material der die Stosskräfte direct aufnehmenden Constructionstheile bei ruhender Belastung mit nicht mehr als 6 Kilogr. in Anspruch genommen wird.

*) Wie dies bei den Brücken über die Weichsel bei Dirschau, über die Nogat bei Marienburg und über den Rhein bei Koblenz der Fall ist.

Bei Strassenbrücken wird, wie eben dargethan, die zufällige Last in der Regel so hoch bestimmt, dass die wohl vorkommenden, aber wegen der kleinen in Bewegung sich befindenden Massen und der geringen Geschwindigkeit derselben doch unbedeutenderen Verticalstösse, ebenfalls nicht besonders in Rechnung gebracht zu werden brauchen, und zwar um so weniger als dieselben meistens durch ein sehr elastisches oder weiches Material (Holz, Schotter, Asphalt) direct aufgenommen, dadurch sehr abgeschwächt und unschädlich gemacht werden.

Die unter *A. d)* angeführten Auflagerreactionen sind nach Richtung und Grösse immer den Auflagerdrücken gleich, und immer gerade so wirksam wie es die Herstellung des Gleichgewichtes des Trägersystems verlangt. Dieser stete, den jeweiligen Umständen entsprechende Wechsel der Auflagerreactionen lässt sich durch unendlich kleine Formänderungen erklären, welche die elastischen Auflager in Folge der wechselnden Drücke erleiden müssen, ist also ganz in der Elasticität der Körper begründet. Die Berechnung der Auflagerdrücke eines Brückensystems gehört in ein anderes Capitel und wird hier als bekannt vorausgesetzt.

Die verticale Centrifugalkraft endlich ist so gering, dass sie füglich ganz ausser Acht gelassen werden kann; sie wurde hier auch nur der Vollständigkeit wegen angeführt.

VI.

B. Ueber die horizontal wirkenden Kräfte.

ad *B. a) Wind und Windstösse.*

Die Windstösse wirken zwar nicht immer ganz horizontal, aber doch weichen sie in der Regel nicht

viel von der Horizontalen ab, und da sie zuweilen auch vollständig horizontal und normal auf die Brückenträger gerichtet sind, so muss immer dieser ungünstigste Fall in Rechnung gebracht werden. Im Vergleiche zu den bereits betrachteten Verticalkräften sind diese Horizontalkräfte von geringerem Belange, aber dennoch dürfen sie nicht ausser Acht gelassen werden, denn es muss eine Brücke den im horizontalen Sinne wirkenden äusseren Kräften dieselbe Widerstandsfähigkeit entgegensetzen wie den Verticalkräften.

Denkt man sich die ganze Brückenconstruction in Bezug auf die Horizontalebene um einen rechten Winkel gedreht, und anstatt der Schwerkraft die thätigen horizontalen Kräfte wirkend, so hat man für diese eine entsprechend starke Tragwand zu construiren und es gelten auch hiefür alle hereits dargelegten Grundsätze. Diese horizontalen Versteifungen einer Brücke bestehen in der Regel in normalen Querverbindungen, welche den Drücken zu widerstehen haben, und aus einem oder mehreren Systemen von diagonalen Zugstangen oder Zugbändern, welche man mit dem Namen „Windkreuze“ bezeichnet, so dass das Ganze ein steifes horizontales Fachwerk bildet. Durchbrochene Brückenträger bieten dem Winde keine so grossen Flächen dar wie volle Blechwandträger, jedoch rechnet man der Sicherheit wegen auch bei den ersteren immer so, als ob die ganze volle Fläche vom Winde angegriffen wäre und die sich daraus ergehenden horizontalen Kräfte auf das System wirkten. Bei hohen Brückenträgern genügt eine Horizontalversteifungswand nicht, es werden in der Regel zwei und selbst drei eingelegt; dann kann man annähernd richtig annehmen, dass sich die Kraft der Windstösse auf diese Horizontalversteifungswände zu gleichen Theilen vertheilt.

Ein gewöhnlicher Wind hat die Geschwindigkeit von 10^{m} in der Secunde, die eines Sturmwindes steigt jedoch bis zu 45$^{m.}$ Vorstehende von Morin aufgestellte Tabelle gibt den Druck des Windes auf die Flächeneinheit bei verschiedenen Geschwindigkeiten desselhen, wornach die Kraft der Windstösse auf eine Fläche jeweils bestimmt werden kann.

Post-Nr.	Geschwindigkeit des Windes in			Druck auf den Quadratmeter in Kilogr.	Druck auf den deutschen Quadratfuss in Zollpfd.	Druck auf den österr. Quadratfuss in Wr Pfd.
	Metern	Dtsch. Fussen	Oesterr. Fussen			
1	3	10,00	9,49	1,047	0,18846	0,18690
2	5	16,67	15,82	2,908	0,52344	0,51698
3	8	26,67	25,30	7,443	1,33974	1,32809
4	10,85	36,17	34,32	13,691	2,46438	2,44295
5	14	46,67	44,29	22,790	4,10220	4,06653
6	20	66,67	63,27	46,520	8,37360	8,30079
7	40	133,34	126,54	186,080	33,49440	33,20318
8	Bei dem stärkstbekannten Orkane nach Claudel			275,000*)	49,50000	49,06955

*) Nach Claudel formules, tables etc. 5. Auflage, 1860, S. 256 beträgt diese Zahl 277.87. Anm. d. Red.

ad *B. b) Horizontale, durch die Bewegung der Last entstehende Stösse.*

Theoretisch betrachtet sollen horizontale Stösse durch die sich bewegende Last ebensowenig vorkommen als verticale, aber in Wirklichkeit finden die ersteren dennoch statt wie die letzteren, nur noch viel häufiger; denn wenn die Spurkränze oder die Achsenlager der Räder ausgefahren, ferner wenn dieselben zu eng gestellt sind oder das Fahrgeleise sich erweitert hat, so wird immer ein Hin- und Herschwanken der Wagen stattfinden, welches diese seitlichen Stösse erzeugt. Die daraus entstehenden Kräftewirkungen sind schwer zu bestimmen, sie sind gerade nicht bedeutend, aber dürfen durchaus nicht vernachlässigt werden. Man hat sie his jetzt nicht in bestimmten Werthen ausgedrückt, sondern die Constructeure haben den Windkreuzen, welche für die Windstösse allein berechnet sehr schwach ausfallen, immer eine entsprechende, erfahrungsgemässe Verstärkung gegeben. Bei sehr hohen Tragwänden ist man ohnehin genöthigt oben und unten horizontale Verbindungen und Windkreuze zu legen, die dann an der Stelle, wo die Fahrbahn liegt und wo die durch die Fahrbetriebsmittel erzeugten Stösse zunächst auf die Construction einwirken, etwas stärker gehalten werden wie die entfernteren.

Zur genaueren Bestimmung der durch die horizontalen Stösse der Fahrbetriebsmittel hervorgebrachten Kräftewirkungen sollten noch genaue Probeversuche angestellt werden, um darüber ins Klare zu kommen.

Es dürfte dies besonders Sache solcher Betriebsingenieure sein, welche grössere Brücken in ihrer

Bahnstrecke liegen haben. Bei Erprobungen neuer Brücken haben sich die Horizontalschwankungen derselben in den meisten Fällen sehr unbedeutend gezeigt, selbst bei Befahrung derselben mit sehr grosser Geschwindigkeit. Daraus kann geschlossen werden, dass die horizontalen Stösse im Allgemeinen sehr unbedeutend und die Horizontalversteifungen der Brücken, welche bis jetzt empirisch bestimmt wurden, sehr stark gehalten sind, vielleicht zu stark, so dass man hier noch Materialersparnisse eintreten lassen könnte.

ad *B. c) Horizontale Centrifugalkraft.*

Wenn eine Eisenbahnbrücke in einer Bahncurve liegt, so wird bei schneller Fahrt eines Bahnzuges gegen die concave Seite des auf der convexen Seite der Bahn liegenden Schienenstranges ein Druck ausgeübt, welcher der Centrifugalkraft des in der Curve fahrenden Zuges entspricht. Dieser Druck sucht die ganze Construction seitwärts zu schieben, oder aber, da dieselbe bei den Auflagern befestigt ist, zwischen denselben auszubiegen. Auch dieser horizontalen Centrifugalkraft haben die horizontalen Versteifungen und Diagonalkreuze zu widerstehen, und zwar müssen die der Fahrbahn zunächst gelegenen diese Kraft nahezu allein aufnehmen, derselben daher zu widerstehen im Stande sein.

Bekanntlich hat man zur Bestimmung der Centrifugalkraft P eines in einer stetigen Curve laufenden Körpers die Formel:

$$P = \frac{v^2}{\rho} M = \frac{v^2}{g\rho} G \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

worin bedeutet:

v die Geschwindigkeit des Körpers,

ρ den Krümmungshalbmesser der Bahn,

M die Masse des Körpers,

G das Gewicht desselben, und endlich

g die Beschleunigung der Schwere, und es ist

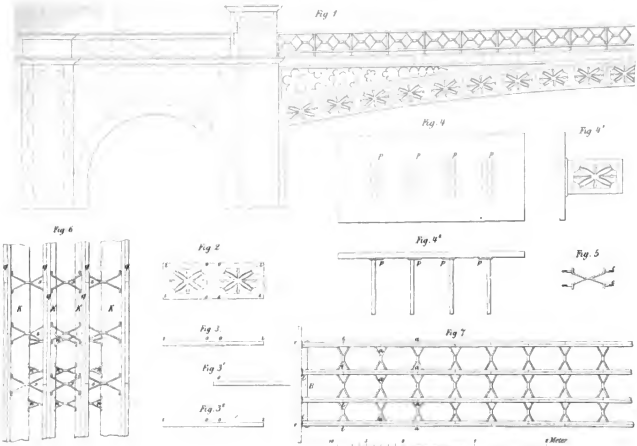
$g = 9{,}81$ Meter $= 32{,}70'$ deutschen $= 31{,}03'$ österreichischen Fussen.

Es ist somit jeweils das Gewicht des schwersten über die Brücke fahrenden Zuges (Normalzuges) zu bestimmen; da aber immer für den ungünstigsten Fall gerechnet werden muss, so geht man am sichersten, wenn man die der Berechnung für die Längeneinheit zu Grunde gelegte grösste zufällige Last mit der ganzen Brückenlänge multiplicirt, dieses sich so ergebende Gewicht mit der grössten erlaubten Fahrgeschwindigkeit in obige Formel setzt und P sucht. Die so gefundene Centrifugalkraft P kann dann als gleichförmig auf die ganze Brückenlänge vertheilt und in der Fahrbahnebene wirkend betrachtet werden.

Die grösste Geschwindigkeit v der bewegten Lasten kann zu etwa 10 Meilen in der Stunde oder zu 75,8 Kilometer angenommen werden, oder für die Secunde berechnet: $v = 21$ Meter $= 70$ deutsche $= 66$ österreichische Fuss.

Obschon man die Geschwindigkeit einer Locomotive noch mehr steigern kann und selbst mit zwölf Meilen Geschwindigkeit gefahren wird, so geschieht diess doch nur in geraden Linien oder in Curven mit sehr grossen Radien, nie aber in Curven mit kleinen Halbmessern; auch hat ein Zug, der mit solch enormer Geschwindigkeit fährt, nie eine so grosse Last, denn ein schwerer Lastzug fährt wohl nicht mit einer Geschwindigkeit, die grösser als vier Meilen ist; daher wird die Annahme, dass sich die grösste zufällige Last, welche die Brücke zu tragen hat, mit einer Geschwindigkeit von 10 Meilen bewegt, immer ein völlige Sicherheit bietendes Resultat für die zu berechnende horizontale Centrifugalkraft ergeben. Für ein Object, das in gerader Bahn liegt, fällt die horizontale Centrifugalkraft selbstverständlich ganz hinweg.

Alle die hier besprochenen, möglicherweise auf ein Brückensystem wirkenden äusseren Kräfte hat der Ingenieur in jedem gegebenen Falle zu berücksichtigen und die Hauptträger sowohl als auch die Hülfs- und Zwischenconstructionstheile den auf dieselben entfallenden Kräftewirkungen gemäss zu gestalten, indem er das Material bei allen auf gleiche Art in Anspruch genommenen Theilen innerhalb der erlaubten Grenzen gleichviel oder gleichwenig anstrengt, dann — aber auch nur dann — wird er eine rationelle Brückenconstruction erhalten, die bei möglichst grosser Materialöconomie den an sie gestellten Anforderungen entspricht.



Allgem. Bauzeitung 1866

Construction

V

Mit

Fig. 1 stellt die Ansicht der Brücke d
... die vordere Ansicht eines Theiles, aus
... bestehen. Fig. 3, 3¹ und 3² drei die
... gesehen, um ihre Stärke zu zeig
... die vordere Ansicht der Widerlagsplatt
... derselben, um die Form der Zapf
... machen; Fig. 4² dieselbe Platte vo
... die Stärke der Zapfen, welche
... in den Theilen 3, 3¹ und 3²; Fig. 5
... gabel der Rippen dar; Fig. 6
... mittels dieser Gabel in persp
... Fig. 7 endlich ist die Ansicht
... vor dem Auflegen des Belag

Um nun diese Brücke aufzustellen
... Fig. 2 und stellt davon zwei
... einander, den dritten aber bringt
... von beiden an wie es in Fig. 3, 3¹ an
... ist; dann verbindet man die Ende
... 3² miteinander, das Stück 3¹ aber
... die beiden andern in der Art, das
... der Mitte eines Rippenstückes mit d
... die Enden der Theile 3, 3¹ zusamme
... Löcher ... im Mittel des Theiles 3¹ p
... Löcher, die durch die beiden Löch
... Stück 3 und die beiden Löcher
... Theiles 3¹ gebildet werden; die Löcher
... von 3² stossen mit zwei von den
... 3 und zwei der Löcher ... des St
... sind nun diese Theile auf die
... so nimmt man eine Gabel
... mit Schrauben und Schraubenm
... und, bringt das doppelte Ende
... des Centrums an, steckt die Schr
... Löcher ... und befestigt so die einzel
... das andere Ende der G

...

Construction einer gusseisernen Brücke.

Von **Collanot** in Lyon.

(Mit Zeichnungen vor Seite 81.)

Fig. 1 stellt die Ansicht der Brücke dar, Fig. 2 ist die vordere Ansicht eines Theiles, aus denen die Rippen bestehen, Fig. 3, 3^1 und 3^2 drei dieser Theile von oben gesehen, um ihre Stärke zu zeigen; Fig. 4 ist die vordere Ansicht der Widerlagsplatten; Fig. 4^1 das Profil derselben, um die Form der Zapfen ersichtlich zu machen; Fig. 4^2 dieselbe Platte von oben gesehen mit der Stärke der Zapfen, welche dieselbe ist wie bei den Theilen 3, 3^1 und 3^2; Fig. 5 stellt eine Verbindungsgabel der Rippen dar; Fig. 6 zeigt drei Verbindungen mittels dieser Gabel in perspectivischer Ansicht; Fig. 7 endlich ist die Ansicht der fertigen Brückenbahn vor dem Auflegen des Belages.

Um nun diese Brücke aufzustellen nimmt man drei Theile, Fig. 2, und stellt davon zwei mit den Enden aneinander, den dritten aber bringt man in der Mitte von beiden an wie es in Fig. 3, 3^1 und 3^2 dargestellt ist; dann verbindet man die Enden der Theile 3 und 3^2 miteinander, das Stück 3^1 aber stösst man gegen die beiden andern in der Art, dass die Löcher *o* in der Mitte eines Rippenstückes mit den Löchern *i* an den Enden der Theile 3, 3^1 zusammentreffen; die vier Löcher *o* im Mittel des Theiles 3^1 passen auf die vier Löcher, die durch die beiden Löcher des Endes von dem Stück 3 und die beiden Löcher am Ende des Theiles 3^2 gebildet werden; die Löcher *i* an den Enden von 3^2 stossen mit zwei von den Löchern *o* des Stückes 3 und zwei der Löcher *o* des Stückes 3^2 aufeinander; sind nun diese Theile auf diese Art zusammengepasst, so nimmt man eine Gabel (Fig. 5), deren Enden mit Schrauben und Schraubenmuttern *e* versehen sind, bringt das doppelte Ende an die Verbindung des Centrums an, steckt die Schrauben *e* durch die Löcher *io* und befestigt so die einzelnen Theile der Verbindung; das andere Ende der Gabel dient zur Verbindung mit der nächsten Rippe. Bei den Mittelrippen dient ein und dieselbe Schraube für zwei Gabeln. Auf solche Weise werden die Rippen so mit einander fest verbunden, wie es in Fig. 6 und 7 dargestellt ist.

Wie aus Fig. 6 zu ersehen, hat jeder Theil einer Rippe oben eine und unten eine Gabel.

Die Widerlagsplatten bestehen aus einem einzigen Theile und werden in das Mauerwerk eingelassen; an jeder Platte befinden sich vier Zapfen, welche genau die Form eines halben Rippenstückes haben und mit vier Löchern so wie mit einem Sockel zur Aufnahme des letzten Stückes einer Rippe versehen sind (Fig. 4 und 4^1). Diese Zapfen sind der Art angebracht, dass der Theil des Sockels, der das Ende *p* der Rippen aufnehmen soll, sich innerhalb befindet (Fig. 4^2); auf diese Art können die nach ein und demselben Modell gegossenen Widerlagsplatten beliebig an dem einen oder dem andern Ufer des Flusses vermauert werden; das Ende des Zapfens wird mit dem Centrum des letzten und das Ende des vorletzten Theils der Rippe mit einer Gabel verbunden, worauf das Ende des letzten Stückes der Rippe mit der Basis des Zapfens vermittelst eines mit Splinten versehenen Bolzens befestigt wird, der durch die vier Rippen geht und an jedem Ende eine Schraubenmutter hat (*B* Fig. 7).

In dieser letzten Figur sind die vier Rippen geometrisch dargestellt; die unteren Gabeln werden von den oberen gedeckt; in Fig. 6 sind die oberen Rippen mit *i*, die unteren mit *n* bezeichnet; *c* in Fig. 7 sind *e* die Widerlagsplatten, *a* die Verbindungen der einzelnen Rippenstücke, *t* die Verbindung der Zapfen.

Die Verbindungen können durchaus anstatt mit Gabeln mit Bolzen und Splinten hergestellt werden wie bei *B*.

Fluthautograph in Triest.

(Mit Zeichnungen nach Seite 84.)

Beiliegende zwei Zeichnungen zeigen den kürzlich zu Triest am äussersten Ende des Molos Sartorio aufgestellten selbstregistrirenden Fluthmesser. Die Einrichtung des Apparates ist im Wesentlichen übereinstimmend mit der Einrichtung der bekannten Autographen für den Luftdruck; ein vertical stehender hohler Cylinder *ii* von 6 Zoll lichtem Durchmesser ist mittels eines kupfernen Kastens *v* durch ein unter dem kleinsten Wasser befindliches heberförmiges Rohr *wz* mit dem Meere in Verbindung, so dass das Wasser im Cylinder stets in gleicher Höhe mit dem äussern Wasserspiegel steht. Um eine Rolle ist eine schwache Kette geschlungen, welche an einem Ende einen im Cylinder auf der Oberfläche schwimmenden Körper *m*, an dem andern Ende ein Gegengewicht *n* trägt. Durch das Steigen und Fallen des Wassers wird sonach die Rolle *d* um ihre Achse gedreht. Mittels eines gezahnten Rades *e* wird die Bewegung der Rolle auf eine gezahnte horizontale Stange *cc'* übertragen, die auf Rollen ruht und mit Leichtigkeit nach einer und der andern Seite auf der Schiene *gg'* bewegt werden kann. Durch die Uebertragung der Bewegung der Rolle auf die Schiene vermindert sich dieselbe im Verhältnisse von 6.44 : 1, so dass ein Steigen oder Fallen des Wassers von 6.44 Zoll eine Verschiebung der Schiene nach links oder rechts um 1 Zoll bewirkt. Durch ein eigenes Werk, eine nebenstehende Uhr, wird ein mit Papier überspannter Cylinder *a* von etwas mehr als 8 Zoll Durchmesser und 18 Zoll Höhe in 24 Stunden einmal um seine horizontal liegende Achse gedreht. Ein Zeichenstift, welcher mit der früher erwähnten Schiene durch den Arm *h* verbunden ist, wird durch sein Gewicht leicht gegen die Oberfläche des Cylinders gedrückt und indem so einerseits der Stift der Bewegung des Wassers folgt, anderseits aber der Cylinder, auf welchem er zeichnet, um seine Achse gedreht wird, erhält man auf dem um den Cylinder gewickelten Blatte eine Curve, von welcher die Ordinaten die Höhe des Wassers und die Abscissen die zugehörigen Zeiten angeben.

Der bei *x* befindliche fixe Zeichenstift beschreibt die Abscissenachse. Einer Stunde entspricht auf dem Blatte die Länge von ungefähr 13 Linien, einem Fusse die Länge von 1.8 Zoll. Der Arm *h* hat ein Gelenk, um den oberen Theil zurückschlagen zu können, wenn der Cylinder aus den Lagern gehoben wird, um das Papier zu wechseln. Bei diesem Fluthmesser sind zwei ganz gleiche Cylinder vorräthig; der eine wird ausgehoben und der zweite sogleich eingelegt. Nach je 24 Stunden wird ein anders gefärbter Zeichenstift *s* eingeschraubt und es dient ein um den Cylinder gewickelter Bogen für dreimal 24 Stunden. An der Ausmündung der heberartigen Röhre bei *z* ist ein Sieb angebracht und die Röhre ist daselbst durch einen starken Holzverschlag geschützt. Bei *w* ist ein Hahn zum Absperren des Wassers, bei *r* ist ein Deckel zur Reinigung des kupfernen Kastens. Alle Röhren, wie auch der Schwimmer *m* sind aus Kupfer.

Eiserner Kochapparat.

Von **Laroche** in Paris.

(Mit Zeichnungen vor Seite 85.)

Der hier dargestellte Apparat besteht aus zwei Kochtöpfen, einer Heizung mit zwei Feuerungen nebst einem Backofen und einer Rauchröhre und endlich aus einem beweglichen Bratofen, den man nach Belieben oben aufsetzen oder wegnehmen kann.

Der Kochtopf dient zur Zubereitung der Speisen und des Caffee's mittels des Wasserdampfes, der durch die Wärme von einer Zuglampe entsteht, welche zu gleicher Zeit entweder mit zu diesem Zweck angezündetem Weingeist oder mit jedem anderen Brennstoff die

Heizung bewirkt. Der Kochherd besteht aus einem runden konischen Träger *A* (Fig. 1 und 2) und steht auf drei eisernen Füssen *B*, deren unteren Theile durch ein Querstück *c* miteinander verbunden sind, auf dem sich die Lampe c^2 durch den Schieber c^1 bewegt.

Der Träger greift mit zwei Haken *G* in die Ohren des Mantels *I* ein, an dessen oberem Theil sich ein Griff befindet, durch den man den Topf bewegen und ihn immer in einer senkrechten Stellung erhalten kann.

Der Träger *A* nimmt einen Behälter K^2 mit konischer Basis K^1 auf, in den der Cylinder *L* passt, dessen oberer Theil abgerundet ist; er hat an jeder Seite einen kleinen länglichen Ring *M*, der in die beiden Ohren *NN* des Behälters K^2 eingreift.

Der Cylinder *L* nimmt einen anderen Cylinder *O* mit sich verjüngender cylindrischer Basis auf und wird in den Cylinder K^2 geschoben. In dem Cylinder *O* selbst steckt der Cylinder *P* mit konischem Boden, der in den Behälter *K* eingreift, in welchem sich ein Theil des Wassers, das in dem Recipienten enthalten ist, so wie der Wasserdampf befindet, der behufs des Kochens der Speisen von letzterm gebildet wird.

Dieser Dampf hat keinen andern Ausgang als die Zwischenräume der Fugen; er gelangt auf diese Art zum letzten Cylinder, wo er sich condensirt, da er mit der äusseren Luft in Berührung tritt; in Folge seiner geringen Intensität kann er keinen Unfall veranlassen, denn wenn er auch zu einem starken Druck gelangt, so würde er doch bloss die innern Cylinder heben, welche beweglich sind.

In den Cylinder *P* passt ein cylindrisches Gefäss *Q* zur Zubereitung von Bouillon; es ist oben mit den beiden Deckeln *R* und *S* geschlossen, die ineinander gefügt sind. Ueber diesem Gefäss stehen zwei cylindrische Gefässe *T* und *U* zum Kochen der Speisen; will man grüne Gemüse kochen, so nimmt man den Deckel des obern Gefässes *U* weg.

Der konische und untere Theil des Recipienten *K* wird von zwei doppelten Mänteln *uu*, *vv* gebildet, welche Wasser enthalten und durch zwei kleine Röhren *zz* miteinander verbunden sind.

Der innere Raum communicirt mit dem untern Theil K^1 und innerhalb des Mantels *P*, so dass ein und dasselbe Wasser den Recipienten und seine konische Basis bis zum Schwimmer *h* anfüllt.

Zwischen den Räumen *zz*, die in dem doppelten Mantel *vv* enthalten sind, und dem Raum K^1 unter dem Suppentopf Q besteht eine Verbindung durch drei kleine Röhren *bbb*.

Durch den Raum *zz* geht eine Röhre *a*, die mit dem Innern in Verbindung steht, wo sich die Flamme befindet, um das Licht und den Zug derselben zu befördern. Acht andere kleine Röhren *dd*, welche Wasser enthalten, das in Verbindung mit dem in K^1 enthaltenen steht, und ein neuntes konisches Rohr *i*, so wie der Raum *zz* werden durch die Zuglampe erwärmt und erzeugen den Dampf zum Kochen.

Will man ein schnelleres Kochen bewirken, so füllt man das kleine ringförmige Gefäss *f* mit Weingeist, den man anzündet und dessen Flamme die Wände der Räume *yy* und *zz*, die Röhren *ddd* und die Platte *g* erwärmt.

Soll Dampf durch anderes Brennmaterial erzeugt werden, so beseitigt man die Lampe, den Träger und den Mantel *I* und setzt dann die untere Basis des Gefässes in den Feuerraum des Ofens, wie bei A^2 in Fig. 4 ersichtlich ist.

Der Schwimmer *h* ist ein kleiner Kreis von Kork, der auf dem Wasser liegt, das in dem Recipienten enthalten ist, und welcher den Zweck hat, den Zug der Feuerung mittels eines kleinen Rahmens *l* zu mässigen, der über die Rolle *m* geht und den man an der Thür der Feuerung L^1 befestigt.

Die Lampe besteht aus einem Rauchverbrenner *n*, (Fig. 2), den man beliebig über das Glas setzen und wegnehmen kann; er hat zwei Löcher *c*, einander gegenüber, um die Feuerung und den Zug mittels eines Luftstromes zu erleichtern, der durch die beiden andern Röhren *aa* hergestellt wird, welche durch den Raum *zz* gehen und das Rauchen des Dochtes *p* vom Brenner *q* zu verhindern; *r* ist ein Kranz und bildet den Oelbehälter, *s* Röhre zum Eingiessen, *t* Oeffnung zum Durchziehen der Luft, *u* Glasträger, *oo* Verbindungsröhren zwischen Oelbehälter und Brenner, *x* Knopf des Brennerträgers, z^1 Fuss, der in den Mantel c^2 eingreift und höher oder niedriger gestellt werden kann, c^1 Schlitten zur Bewegung oder Befestigung der Zuglampe in der Mitte des Recipienten.

Ein zweiter Topf (Fig. 3) ist unten ausgehöhlt, um die Röhre aufzunehmen, welche das Ende des Feuerraumes an der rechten Seite des Ofens bildet

Der Ofen Fig. 4, 5, 6, 7 und 8 besteht aus zwei Feuerungen A^2 und A^1, von denen jede eine besondere Feuerung *B* hat, die mit dem Rost *C* e i n e n Körper bildet. Der Ofen ist mit einer Röhre versehen, durch welche die Luft strömt, welche zur Nahrung der Verbrennung dient.

Der Ofen *E* kann nach Belieben eingesetzt und herausgenommen werden und dient zum Backen von Pasteten u. s. w.

Die zweite Feuerung A^2 an der rechten Seite enthält ebenfalls eine abgesonderte bewegliche Feuerung und eine Röhre *M*, welche in die Höhlung des zweiten Topfes (Fig. 3) eingreift. Zwischen diesen beiden Feuerungen befindet sich das an seiner Basis eingeschnittene Rohr *H*, das getragen wird von den aus Röhrenstücken gebildeten Füssen, zwischen denen zwei ein Register *I* durchgeht, das man nach Belieben mittels der beiden Stangen $K^1 K^1$ (Fig. 8) öffnen und schliessen kann, um den Zug zu beleben oder zu mässigen.

Ein viertes Rohr *L* nimmt die untere Oeffnung *A* des kleinen Ofens auf, wenn man den zweiten Topf über die Feuerung A^1 rechts setzen soll.

In Fig. 5 und 6 sieht man einen Ofen zum Backen; er ist an seinem untern Theil durch ein am Ende ovales Loch geöffnet, welches die Flamme und den Rauch der Feuerung an der rechten Seite des Ofens aufnimmt; diese Flamme, wie auch der Rauch gehen durch die Oeffnung *B*, erwärmen den untern Theil des Ofens und entweichen durch die Röhre *D*.

Will man den Ofen von unten stärker heizen, so schliesst man das Register *M*; da alsdann die Flamme keinen Abzug durch den obern Theil der Röhre *G* hat, streicht sie nach der ganzen obern Länge *H* des Ofens und geht durch die 10 Löcher *K* rechts von der Scheidewand unmittelbar über den Ofen, um durch den Raum *L* und den obern Theil *G* des Rohres über dem Register zu entweichen. In diesem Ofen befinden sich drei gleich weit auseinander stehende horizontale Scheidewände, worauf die Speiseschüsseln gesetzt werden, und welche die Wärme reguliren.

Ein rundes Loch *I* unter der Röhre in der untern Platte und von gleichem Durchmesser nimmt das Ende der Basis *H* des Ofens auf.

In Fig. 9 bis 12 sind einige Verbesserungen dieses Apparates dargestellt, welche den Zweck haben, die Wärme besser zu concentriren und zu gebrauchen, indem man den Ofen zur Heizung und zum Kochen benutzt.

Fig. 9 stellt im Durchschnitt und im Aufriss den Theil dar, welcher auf den Ofen gesetzt werden muss, um zur Heizung verwendet zu werden. Der Mantel *e* ist derselbe wie in der vorstehenden Beschreibung, indessen ist der gusseiserne Feuerraum *f* mit einem schiefen Halbboden oberhalb versehen, worauf eine Wand *e* steht, welche an dem Wärmebehälter *R* befestigt ist. Auf diese Weise ist die Flamme genöthigt, in diesem Reservoir eine auf- und absteigende Bewegung zu machen, um, wie es die Pfeile anzeigen, zu der Röhre zu gelangen, die zum Schornstein führt.

Soll der Apparat für die Küche benutzt werden, so bleibt die Feuerung *f* dieselbe; das Reservoir *R* nimmt man weg und nöthigenfalls den kleinen Kreis e^1. Um mehr Oeffnung zu erhalten, kann man über den auf diese Art angeordneten Ofen irgend ein Küchengefäss setzen.

Will man sich der obigen Kochtöpfe und des Dampferzeugers bedienen, so braucht man nur über dem schiefen Boden der Feuerung *f* eine kleine bewegliche Wand zu setzen, wodurch ein Wärmereservoir hergestellt wird.

Die Lampe, welche besonders durch ihre grosse Einfachheit bemerkenswerth ist, kann in jeder Grösse und mit einem Docht oder mit zwei und drei Dochten angefertigt werden. In Fig. 11 sieht man die Lampe mit ihrem Reflector und Schirm. Der kleine Stöpsel *i* schliesst zum Theil die Oeffnung, durch welche das Oel aufgegeben wird; die Dochthülse kann nach Belieben abgenommen werden, um den Docht einzuziehen, und wird auf eine solide Art an beiden Seiten der Lampe befestigt. Um den Docht höher oder niedriger zu stellen, muss man den kleinen Eisendraht, der durch den Docht geht, aufziehen oder niederdrücken, indem man ihn bei dem kleinen Ringe a^1 (Fig. 12) fasst.

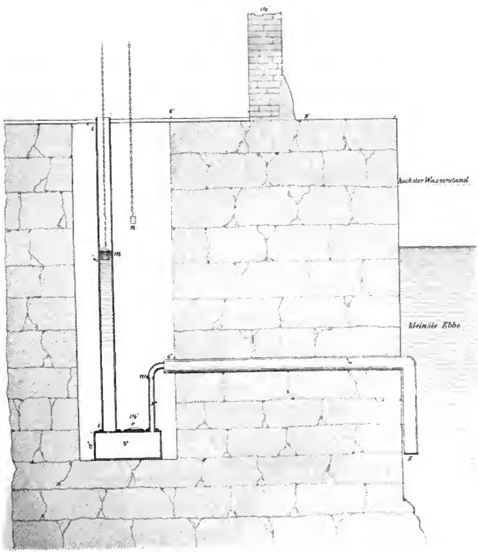
Bedient man sich des Apparats zur Küche so beseitigt man den Schirm, den Reflector und das Glas mit seinem Träger und setzt die Lampe auf einen Fuss wie in der vorstehenden Beschreibung angegeben ist.

Bedient man sich der Lampe mit den Zimmerapparaten, so behält man den Reflector bei, der in



Fluthautograph in Triest.

Schnitt durch A B.
Theil unter dem Fußboden.

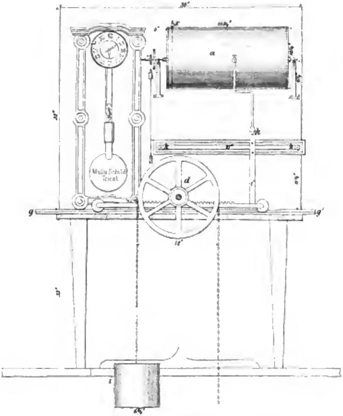


Allgem. Bauzeitung 1866

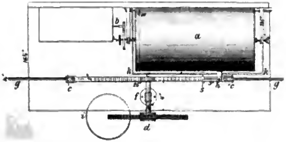


Fluthautograph in Triest

Vertikale Ansicht.



Draufsicht.



Allgem. Bauzeitung 1866



Fig. 1

Fig. 4

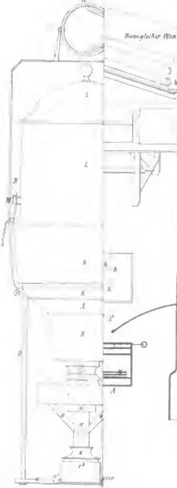


Fig. 12



Fig. 11

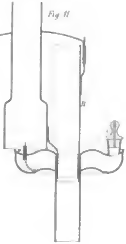


Fig. 9

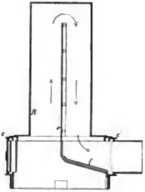
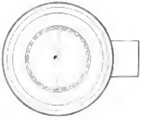


Fig. 10



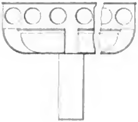
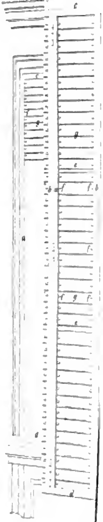
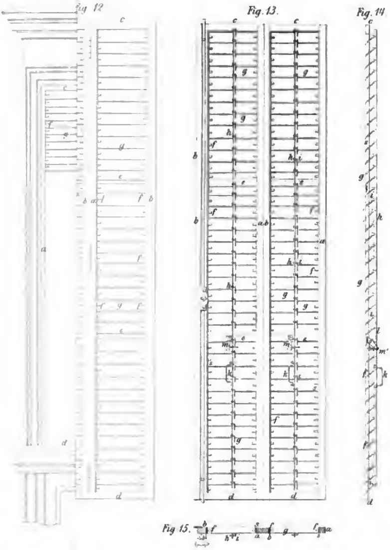


Fig. 12





nz;
ine
ge-

zu
gen
ür-
von
je

man
rin
en-
mit
rer
die
den
olg-
den
ide
zu

ass
llte
und
in
r

rd-
ihr
13
15
b,
en-
eu-
ich
ind
len
ich

diesem Falle die Stelle der oben beschriebenen Scheidewand vertritt, um die Wärme steigen oder fallen zu lassen.

Die Fig. 12 stellt die Lampe im Grundriss mit einem einzigen Docht dar; Fig. 13 ist eine äussere Ansicht der Lampe mit einem durchbrochenen Kranz; bei dieser Einrichtung kann man die Lampe ohne weitere Vorbereitung zum Heizen aller möglichen Gegenstände verwenden.

Eiserne Jalousien mit beweglichen Klappen.

(Mit Zeichnungen vor Seite 85.)

Die Vortheile der nach Seite 88 dargestellten Jalousien bestehen darin, dass sie weniger Raum einnehmen als hölzerne, dass sie sich weniger abnützen und auf eine sehr einfache Weise anzubringen sind. Fig. 1 stellt ein Fenster dar, woran diese Jalousien angebracht sind, und zwar bemerkt man die eine Hälfte von aussen, die andere von innen; Fig. 2 zeigt in grösserem Massstabe die respective Stellung der Klappen, wenn sie geöffnet oder geschlossen sind; in Fig. 3 sieht man die Zahnstange, wodurch die Bewegung dieser Klappen bewirkt wird; Fig. 4 ist der Verschluss der letzteren; Fig. 5 ist ein Theil einer eisernen Jalousie mit festen Klappen.

Die Jalousie besteht aus zwei Pfosten *a b*, welche durch die beiden Riegel *c d* und in der Mitte verbunden sind, woran einige nachstehend beschriebene Theile ihre Befestigung haben. An den Pfosten sind an jeder Seite die Zapfen *f* angenietet, welche in die Klappen *g* (Fig. 2) eingreifen, die in der Zeichnung mit ihren oberen und unteren Theilen umgebogen erscheinen, doch können sie auch jede andere passende Form haben.

Sämmtliche Klappen sind in der Mitte mittels der Gelenke *i* durch eine Zahnstange *h* verbunden; in der Mitte oder an jeder andern Stelle der Stange *h* befinden sich ein Griff *k* (Fig. 3) und die Einschnitte *l*, worin ein Bolzen oder Stift liegt, der an dem Theil *m* befestigt ist. So lange der Bolzen in den Einschnitten der Zahnstange verbleibt, kann man der letzteren keine Bewegung geben; zieht man ihn aber aus seinen Löchern heraus, indem man die Zahnstange mittels des Griffes *k* hebt oder senkt, so werden alle Gelenke *i* und folglich die daran befestigten Platten in Bewegung gesetzt.

Um also die Klappen der Jalousien zu schliessen, braucht man nur die Zahnstange mittels des Griffes zu heben oder zu senken. Sollte man andere Stellungen der Klappen als die senkrechte und horizontale bedürfen, so sind an der Stange *h* eine gewisse Anzahl von Einschnitten angebracht, worin man den Bolzen *m* je nach den beliebigen Stellungen legt.

Zum Schliessen der Jalousieflügel bedient man sich des Beschlages Fig. 4, dessen Mechanismus darin besteht, in der Achse der Schliessbolzen zwei Schenkel *m'* anzubringen, welche durch die Klauen *n* mit den Stangen *p* verriegelt werden. In der in unserer Zeichnung angegebenen Stellung bemerkt man die beiden Stangen nach unten gezogen, dreht man den Knopf, so dreht man die beiden Schenkel *m'* und folglich die Klauen *n* von rechts nach links, die beiden Stangen *p* verlängern sich gleichzeitig, um alle beide in ihren Beschlag einzugreifen und die Jalousien zu schliessen.

In gewissen Fällen kann es vorkommen, dass man Jalousien mit festen Klappen gebraucht; sollte diess der Fall sein, so bringt man an den untern und obern Enden der Klappen, so wie an jeder Seite eine in den Pfosten eingreifende und von den Schrauben *r* gehaltene Klaue (Fig. 5) an.

Durch die in Fig. 12 und 13 dargestellte Anordnung wird der Herstellungspreis der Jalousien und ihr Gewicht verringert; Fig. 12 ist die äussere, Fig. 13 die innere Ansicht, Fig. 14 ein senkrechter, Fig. 15 ein horizontaler Durchschnitt. Die beiden Pfosten *a b*, so wie auch die beiden sie unten und oben verbindenden Querstäbe sind von Holz, was die Kosten bedeutend ermässigt; zur festeren Verbindung sind auch die eisernen Schienen angebracht. Die Zapfen *f* sind hier nicht an den Pfosten *a b* genietet, sondern bilden mit den Klappen *g* ein Stück und greifen in die nach

der ganzen Länge der eisernen an den Pfosten *ab* befestigten Schienen 3 befindlichen Oeffnungen. Alle Klappen *g* sind miteinander mittels der Gelenke *i* mit einer Zahnstange *h* verhunden, woran der Griff *k* befestigt ist; *l* sind Einschnitte (Fig. 14). Ein kleiner gabelförmiger Hebel *m* umfasst die Stange *h*; an beiden Enden desselhen ist ein kleiner Querbolzen *m'*, der nach Belieben in die Einschnitte der Stange *h* eingreift und die Abstände der Klappen *g* regulirt. Man zieht den Bolzen aus seinem Einschnitt, um die Zahnstange mittels des Griffes *k* zu heben oder niederzulassen. Durch diese Zahnstange setzt man die Gelenke *i* nnd folglich die daran befestigten Klappen in Bewegung.

In Fig. 7 bis 11 ist eine Aenderung des Verschlusses dargestellt; Fig. 7 ist der Riegel mit Hakenansatz oben nnd unten; Fig. 8 zeigt dieselbe Construction mit Ansatz ohne oberen Hakon und mit einer Vertiefung unten; Fig. 9 ist der Dnrchschnitt des Fensteranschlages und des Wasserschenkels des Fensterrahmens; Fig. 10 ist ein horizontaler Durchschnitt mit dem geöffneten Fensterriegel; Fig. 11 derselbe Durchsohnitt mit geschlossenem Riegel.

Der eine Flügel *a* des Jalousieladens hat eino flache Schiene *c*, welche den Dienst eines Riegels vertritt, und in deren Mitte sich eine metallene Platte *d* befindet, durch welche der Zapfen des Griffes *f* bedeckt wird, der daran ohne Achse oder Zapfen gehalten wird; die Platte *d* hildet eine innere Vertiefung, worin der Kern des Griffes *f* seinen Platz hat, der sich folglich wie um einen Zapfen bewegt; am untern Theile des Griffes *f* ist eine Klaue *g*, welche beim Schliessen des Riegels in einen Studel eingreift, der an dem entgegengesetzten Fensterflügel *i* der Jalousie oder an einem ihrer Querstücke *j* genietet ist (Fig. 7).

Diese Verschlussmethode ist den drei nachstehenden Systemen von Riegeln gemeinschaftlich:

1. Riegel mit oberom und unterem Haken (Fig. 7 u. 10). Die Schiene *c*, woraus der Riegel besteht, ist an ihren beiden Enden mit einem angenieteten Haken *k* versehen, welcher den Zweck hat, sich nach geshlossener Jalousie gegen einen Ansatz *l* zu legen, der an dem Fensterkreuz *m* befestigt ist; an dem Flügel *i* ist eine eiserne Schlagleiste *n* befestigt, woran sich die Jalousie anlegt. Will man die Jalousie öffnen, so hraucht man nur den Griff *f* aus der Vertiefung *h* frei zu machen und den Riegel *c* innerhalb nm die Charniere *b* zu drehen.

2. Riegel mit Aufhalter, bloss am untern Theil (Fig. 8 u. 11). Bei diesem System nimmt die Klaue *k* den Ansatz *l* auf, woran die Jalousie geshlossen wird, und bildet einen Anschlag, um das Oeffnen zu verhindern.

3. Ausgegründeter Riegel mit Einlassung in den hölzernen Fensterrahmen (Fig. 9). Bei diesor Anordnung ist der untere Theil der Schiene oder des Riegels *c* eingeschnitten, um den Theil *o* des Fensters dnrchzulassen, wenn der Riegel geöffnet wird. Die Schlagseite *l* wird dann an *o* befestigt und die Klauo *k* dringt unten in eine Vertiefung ein, die zn diesem Grund in *o* eingeschnitten ist.

Mittel zur Erhaltung der Plasticität des Thones.

Um dem Thon seine Geschmeidigkeit zu erhalten und ihn lange Zeit in den Modellirwerkstätten und für sonstige Zwecke gebrauchen zu können, ersetzt man das Wasser, womit man ihn gewöhnlich knetet, durch Glycerin. Um hierbei auf eine erfolgreiche Weise zu verfahren trocknet man den Thon vollkommen, stösst ihn dann zu ganz feinem Pulver und erweicht ihn mit Glycerin zu einer Dichtigkeit von 1,231. Ist der Thon auf diese Weise behandelt worden, so behält er seine plastischen Eigenschaften auf unbestimmte Zeit. Die Quantität des beizumengenden Glycerins muss den dritten Theil des Gewichtes vom Thon betragen; die Kosten sind also verhältnissmässig bedeutend, werden aber durch die Vortheile der Methode aufgewogen. Es darf indessen kein Thon verwendet werden, der noch eine gewisse Feuchtigkeit besitzt, auch darf man kein mit Glycerin gemischtes Wasser nehmen, denn das Wasser würde sich nach und nach verdunsten und der Thon würde wieder hart und trocken werden.

Rückblick auf die Einführung der Dampfschifffahrt in Europa.

Vom russischen Akademiker **Hamel.**

Eine der für das allgemeine Wohl nützlichsten Anwendungen der Dampfmaschine, die seit 1780 aufgekommen sind, ist die Beschiffung der Flüsse und der Meere durch ihre Kraft.

Wenn ich, als Knabe, bei Sarepta, dem Orte meiner Geburt, am Ufer der Wolga sah, wie die von Astrachan kommenden Barken durch in Kummete geschirrte Burlacken mit der grössten Anstrengung bei stark nach vorn liegendem Körper langsamsten Schrittes gegen den Strom mittels des Schlepptaues gezogen wurden, wenn ich diese Burlacken bei jedem Strömchen, zur Zeit vom hohen Wasserstand auch bei jedem Buirak und bei jeder Gruft Halt machen und auf den ihnen von der Barke zum Uebersetzen zukommenden Kahn warten sah, da schien es mir jedesmal, als ob das nicht so, sondern anders sein müsste.

Jetzt existiren keine Burlackenkummete mehr, Dampfer eilen mit langen Schweifen von Barken am Schlepptau die Wolga hinan und die Dampfmaschine dient auf den Gewässern des ganzen Erdenrundes als Motor für Schiffe und andere Fahrzeuge.

Als ich 1813 nach London kam, war noch kein einziges Dampfboot auf der Themse; jetzt streift auf derselben in kurzen Zeiträumen hintereinander der Rauchschweif eines Schornsteines dem eines in entgegengesetzter Richtung kommenden vorbei. Durch die Dampfboote ist der Themsefluss die Hauptcommunicationsstrasse zwischen der City und den westlichen Theilen der Metropolis geworden.

Zum Clydefluss bei Glasgow in Schottland gelangt, sah ich die daselbst eben begonnene Entwicklung der Dampfschifffahrt. Mit dem Bilde der am Wolgaufer in ihren Geschirren langsam hinan schleichenden Burlacken vor den Augen des Gemüthes sparte ich keine Mühe, um mich mit den soviel Gutes versprechenden Neuerungen genau bekannt zu machen, damit ich darüber ins Vaterland berichten könne, was auch geschah.

Da unsere Akademie vor anderen wissenschaftlichen Instituten der Dampfmaschine eine besondere Aufmerksamkeit schenkte, so will ich einen Rückblick auf die Einführung der Schifffahrt durch Dämpfe in Europa werfen.

Ich entschliesse mich hiezu vorzüglich aus dem Grunde, weil niemand Anders den Gegenstand mit dem gehörigen Fleisse ergründet hat, daher sich denn nirgends eine richtige und dabei einigermassen ausführliche Nachricht über den Beginn der Dampfschifffahrt in unserem Welttheil vorfindet, wohl aber manche, oft wiederholte, irrige Angaben. Da nun diese von Personen kommen, welche gute Gelegenheit hatten, die Wahrheit zu erforschen, so sind sie allgemein geglaubt worden.

James Cleland, der die Geschichte und Statistik Glasgow's, der Stadt, bei welcher in Europa die seitdem nicht unterbrochene Schifffahrt durch Dämpfe entstand, bearbeitet, auch Historisches über die Dampfmaschine und ihre Anwendung zum Propelliren von Schiffen geliefert hat, gibt nicht nur nicht eine belehrende treue Schilderung, sondern er ist der Aufsteller von stereotyp gewordenen Unrichtigkeiten über die ersten Dampfboote auf der Clyde, und er kann um so weniger entschuldigt werden, als er alle Mittel hatte sich genau zu belehren.

Er war 1812 in Glasgow, als das erste Boot seine Fahrten auf der Clyde begann, und er kannte Henry Bell, der es hatte machen lassen, bis zu dessen im Jahre 1830 erfolgten Tode.

Selbst war er immer in der genannten Stadt ansässig, bis er daselbst gegen das Ende des Jahres 1840 starb.

Zu der Zeit hatte sich die Dampfschifffahrt schon nach allen Richtungen hin, ja über den atlantischen Ocean hinweg, verbreitet.

In einer einzigen Fabrik in Glasgow, nämlich Robert Napier's, waren 1840 die Dampfmaschinen für vier transatlantische Steamers, zusammen an Kraft gleich der von tausend sechshundert Pferden, angefertigt worden. Die seit dem Jahre 1828 gebildete Kriegs-Dampf-Marine Grossbritanniens bestand damals schon aus sechsundsiebenzig Schiffen mit einer Dampfkraft gleich der von beinahe eilftausend Pferden. Die

Zahl der übrigen Dampfschiffe in dem vereinigten Königreiche und bei den Colonien belief sich auf ungefähr neunhundert.

Die unendlich grosse Wichtigkeit der neuen Schifffahrtweise für die ganze menschliche Gesellschaft war nach und nach immer klarer geworden und Cleland hätte die ihm zugemessene Frist benutzen können, um wenigstens seine falschen Angaben zu berichtigen, wenn nicht eine vollständige und wahre Beschreibung der vor seinen Augen entwickelten nützlichsten Erfindung unseres Zeitalters zu liefern.

Er liess aber noch 1840 wieder dieselben Unrichtigkeiten drucken, die er früher mehrere Mal vor das Publicum gebracht hatte.

Er behauptete: Henry Bell habe am 18. Januar 1812 die erste Fahrt auf seinem Dampfboote von Glasgow aus nach Greenok gemacht und die Dampfmaschine, welche das Boot in Bewegung setzte, habe er, Bell, selbst fabricirt.

Dies ist die Substanz der Geschichte Clelands von dem Beginne der Dampfschifffahrt auf der Clyde und überhaupt in Europa. Die Geschichte ist kurz, sie besteht nur aus zwei Sätzen; beider Sätze Inhalt ist aber nicht wahr.

Bell's Boot wurde erst in der zweiten Hälfte des Jahres 1812 fertig und Bell hat die Dampfmaschine für dasselbe nicht gemacht, sondern er hat sie bei einem Fabricanten in Glasgow gekauft.

Das erwähnte Boot ist zwar dasjenige, von welchem an ohne weitere Unterbrechung der Gebrauch des Dampfes als Motor für Boote und Schiffe in unserm Welttheil sich ausgebreitet hat; es ist aber nöthig an die mehrere Jahre zuvor in Schottland gemachten Dampffahrzeuge zu erinnern, denn durch sie wurde es als praktisches Ergebniss dargethan, dass Schifffahrt durch die Kraft der Wasserdämpfe betrieben werden könne.

Von den in dieser Hinsicht auf dem Continent Europa's auch in England früh angestellten isolirten Versuchen zu handeln, würde hier zwecklos sein, denn sie haben zu keinen nützlichen Resultaten geführt.

Das erste auf dem europäischen Continent und namentlich in Frankreich wirklich zu Fahrten gebrauchte Dampfboot war in Schottland gemacht. Dasselbe Boot war auch das erste, welches in England so benutzt wurde.

Die allerersten zwei Dampfboote in Schottland wurden hergestellt zu einer Zeit, wo die durch Watt in sehr wesentlichen Theilen verbesserte Dampfmaschine erst anfing mehr allgemein in Gebrauch zu kommen, auch konnte sie damals, des Patentrechtes wegen, nicht wie nachgehends überall gemacht werden. In Schottland mussten daher Maschinen eigener Construction von Leuten, die nicht besonders darauf eingerichtet waren, unter besonderer Aufsicht angefertigt werden.

Schottlands erste Dampfboote entstanden folgendermassen.

Patrick Miller, ein Mann der als Banquier in Edinburg reich geworden war, hatte sich, angetrieben von dem Wunsche nützlich zu sein, Jahre lang mit Plänen zu Verbesserungen im Schiffbau beschäftigt, besonders aber hatte er sich bemüht, die am besten geeignete Weise auszufinden, um Wasserfahrzeuge bei Windstille durch Schaufelräder, welche von Menschen mittels Handspillen oder Kurbeln in Bewegung gesetzt wurden, vorwärts zu treiben, wie denn schon vor Alters auf solchen Räderschiffen Ochsen die Kapstane drehten.

Im Juni des Jahres 1787 wurde von Miller auf dem Firth des Forthflusses bei Leith mit einem durch Ruderräder und Handkapstan bewegten Doppelboot eine Wettfahrt mit einem schnellsegelnden Boot gemacht und später ein Bericht darüber der „Royal Society“ vorgelegt.

In demselben Jahre hatte Miller die Beschreibung eines von ihm erbauten dreifachen Bootes mit ähnlichen Ruderrädern drucken lassen. Die Zeichnungen zu den beigefügten Kupfern hatte der Vater des später als Erfinder des Dampfhammers und als geschickter Anfertiger von Bildern des Mondes rühmlich bekannt gewordenen James Nasmyth's gemacht.

Um Ruderräder an Booten ohne Anwendung von Muskelkraft zu drehen, will James Taylor, welcher seit 1785 als Lehrer der zwei jüngern Söhne Miller's in seinem Hause wohnte, ihm zuerst den Rath gegeben haben, die Kraft des Dampfes zu versuchen. Auch will er ihn veranlasst haben, in seinem Buche es zu erwähnen, dass vielleicht diese Kraft mit Vortheil hiezu angewendet werden könne.

Miller entschloss sich einen Versuch zu machen. Zur Ausrüstung eines Räderbootes mit einer Dampf-

maschine wurde William Symington während des Winters 1787—1788 erkohren.

Er war, wie Taylor, gebürtig aus Leadhills, war mit ihm zusammen zu Closeburn in der Schule gewesen und war nun schon mehrere Jahre in Dumfriesshire bei den Bleibergwerken zu Wanlock-head, unfern von den ähnlichen in Leadhills, für das Maschinenfach angestellt.

Es befand sich daselbst bereits eine Maschine von Boulton und Watt. Symington aber hatte, unterstützt von einem der Eigenthümer der Minen, Gilbert Meason, dort noch andere Dampfmaschinen mit von ihm ersonnenen und 1785 patentirten Verbesserungen erbaut, auch seine Idee eines Dampfwagens durch ein Modell anschaulich gemacht, welches er 1786 in Edinburg vorzeigte, wo Miller es sah. Dieses konnte die des Letzteren Schrift einverleibten Worte über die Möglichkeit die Ruderräder eines Bootes auf ähnliche Weise wie die des Symington'schen Wagens, durch Dampfkraft zu drehen, ganz abgesehen von Taylor's Anrathen, veranlasst haben.

Symington wurde aufgefordert, eine kleine Dampfmaschine zu besorgen für ein Miller'sches Doppelboot von fünfundzwanzig Fuss Länge mit zwei Rädern, einem hinter dem andern, zwischen den Booten. Es befand sich auf einem kleinen See oder Teich bei Miller's Landhaus zu Dalswinton in Dumfriesshire, war hübsch gearbeitet und hatte bereits zu Lustfahrten durch Drehen der Schaufelräder von Menschen gedient.

Die gewünschte Maschine wurde unter Symington's Leitung in Edinburg zusammengesetzt.

Ihre zwei Cylinder hatte er bei einem Gelbgiesser aus Messing giessen lassen; sie hatten nicht mehr wie vier Zoll im Durchmesser.

Nachdem Symington diese kleine Maschine, deren Kraft er der eines Pferdes gleich schätzte, auf dem Boot zu Dalswinton mit den Rädern in die nöthige Verbindung gesetzt hatte, wurde dasselbe am 14. October 1788 auf dem erwähnten Teich zum ersten Mal in Bewegung gesetzt.

Diese erste Fahrt, welche Miller's kleiner Pyroscaph zu Dalswinton machte, wurde in der Dumfrieser-Zeitung beschrieben. Sie verdient in Jedermanns Gedächtniss behalten zu werden, denn sie war die allererste in Grossbritannien durch Dampfkraft vollbrachte Wasserfahrt.

Ihr Resultat war so aufmunternd, dass Miller zu dem Vorsatz kam, sich die Anwendung von Dampf zum Propelliren von Booten und Schiffen patentiren zu lassen; er beschloss aber zuvor noch einen Versuch mehr im Grossen anzustellen.

Symington wurde ersucht, hiezu eine bedeutend kräftigere Dampfmaschine auf der Fabrik zu Carron unter seiner Anleitung und Aufsicht anfertigen zu lassen, sodann aber dieselbe auf einem Miller'n gehörigen und zu diesem Behuf von Leith her auf den Carronfluss gebrachten Boot von sechzig Fuss Länge anzubringen.

Ohne mich auf Details über die Construction der Maschinen, welche Symington für beide Boote Miller's machte, einzulassen, muss ich doch bemerken, dass sie nicht Watt'sche, sondern Newcomen'sche, sogenannte atmosphärische waren, aber viele Symington eigene Einrichtungen hatten.

Symington war im Juni nach Carron abgegangen.

Die Fabrication der Maschine, welche zwei Cylinder von achtzehn Zoll Durchmesser bekam und die Kraft von zwölf Pferden haben sollte, nahm viel mehr Zeit weg, als Miller geglaubt hatte. Nicht nur der Sommer, sondern auch der Herbst gingen darüber hin und das war ihm sehr unangenehm.

Endlich war sie im Boot aufgestellt. Dieses wurde vom Carronfluss auf den Forth und Clyde-Canal gebracht, und es kam im November 1789, in Millers Anwesenheit, zu einer Versuchsfahrt auf dem Kanal, zu welcher von ihm mehrere Personen, zumal die Herren von der Carron-Compagnie, eingeladen waren.

Die eigentliche Probefahrt begann von der Schleusenkammer Nr. 16. Als man, nach einiger Zeit, das Boot schneller wie anfänglich gehen machte, brachen die Schaufeln der Räder, welche zu schwach waren, eine nach der andern ab.

Miller, der dieses vorhergesagt hatte, ärgerte sich nun so sehr, dass er gar nichts mehr mit der Sache zu thun haben wollte und auf sein Landgut Dalswinton zurückreiste.

Es wurden jedoch, nach Ersetzung der Ruderschaufeln durch stärkere, mit Miller's Erlaubniss, aber in seiner Abwesenheit, am 26. und 27. December 1789 noch zwei Fahrten auf dem Kanal gemacht, die gut

ausfielen, worauf die Maschine, Miller's Bestimmung gemäss, aus dem Boote genommen und auf die Fabrik zu Carron gebracht wurde, wo sie sollte, wenn sich eine Gelegenheit fände, verkauft werden.

Obgleich durch die grossen Rechnungen von der Fabrik für Symington's Maschine und auch durch die für die Zurichtung des Bootes Miller's Galle noch vermehrt ward, so liess er doch in drei Edinburger Zeitungen die letzten Fahrten lobend beschreiben und dabei auf künftigen Nutzen vom Gebrauch der Dampfkraft für die Schifffahrt im Allgemeinen hindeuten. Selbst wollte er aber, der gehabten bedeutenden Unkosten wegen von Symington nichts mehr hören. Dass Miller später die Hoffnung, den Dampf als Motor für Schiffe vortheilhaft gebrauchen zu können, aufgegeben habe, möchte man daraus schliessen, dass in der Beschreibung von Fahrzeugen, für welche er im Jahre 1796 sich ein Patent geben liess, es sich wieder um Ruderräder, die durch Menschenkraft gedreht werden, handelt.

Symington war zu seiner früheren Beschäftigung als Maschinist bei dem Bergwerk Wanlockhead zurückgekehrt und das Dampfbootproject verblieb in Schottland, ohne dass irgend etwas geschah, bis zum Jahre 1800, in welchem man sich wieder an Symington wandte, um ein Dampfschleppschiff für den Forth und Clyde-Kanal zu bekommen.

Dieser 1768 unter Smeaton's Leitung begonnene, aber nach einer Unterbrechung der Arbeiten erst 1790 beendigte Kanal verbindet die See der Ostküste Schottlands durch den Forth mit der des Westen's durch die Clyde und erspart Fahrzeugen den grossen, beinahe tausend Meilen betragenden Umweg um den Norden Schottlands.

Von dem Dampfboot, welches Symington in Folge der 1800 an ihn ergangenen Aufforderung hergestellt hat, wird ganz allgemein geglaubt, dass Fulton eine Fahrt darauf gemacht und während derselben jene Kenntniss erlangt habe, durch welche es ihm möglish ward, die Dampfschifffahrt in America zu begründen.

Da ich dieser Erzählung von Fultons Fahrt auf Symington's Boot keinen Glauben schenken darf und daher wünschte über das Boot sichere Auskunft zu bekommen, so verschaffte ich mir einen dasselbe betreffenden Auszug aus dem Journal des Comités der Compagnie, welcher der Kanal gehört.

Ich fand, dass am 5. Juni 1800 der Baron Thomas Dundas als Director (Governor) der Compagnie dem Comité ein vom Capitain Schank erhaltenes Modell eines Bootes vorzeigte, welches vermittelst einer Dampfmaschine von Symington, deren Zeichnung er zugleich vorlegte, Fracht und andere Fahrzeuge auf dem Kanal bugsiren sollte.

Lord Dundas schlug vor, ein solches Boot im Grossen bauen und von Symington mit der Dampfmaschine versehen zu lassen. Das Comité beschloss, dass dieses den Anordnungen des Directors gemäss ausgeführt werden solle, und dieser wurde bevollmächtigt, das dazu nöthige Geld vom Comité zu beziehen.

Da der Baron Thomas Dundas einen Ehrenplatz in der frühen Geschichte der Dampfschifffahrt behalten muss, so ist es nöthig ihn etwas näher zu bezeichnen.

Er war der 1741 geborene Sohn des 1781 verstorbenen Laurence Dundas von Kerse in Stirlingshire, der 1762 den Baronetstitel bekommen hatte. Dieser Baronet Sir Laurence Dundas, hat am 10. Juli 1768 die erste Schaufel voll Erde zum Beginn des Forth- und Clyde-Kanals ausgegraben.

Sir Thomas Dundas erhielt die Barons- und also Pairswürde im Jahr 1794. Er hatte die Titel: Lord-Lieutenant und Vice-Admiral von Orqney und Shetland, auch Staatsrath für den Prinzen von Wales in Schottland. Er war Präsident der Gesellschaft für Alterthumsforscher in Schottland und Mitglied zweier gelehrten Vereine in London.

Verheirathet war er mit Charlotte Wentworth, Tochter des dritten und Grosstante des jetzigen, fünften Grafen Fitzwilliam, der wieder eine Tochter von ihm zur Gemahlin hatte.

Er starb 1820.

Sein Sohn, Baron Laurence Dundas, wurde 1838 zum Grafen von Shetland ernannt und der Enkel, welcher seit dem 1839 erfolgten Ableben des letztern diesen Grafentitel führt, hat wieder den Namen Thomas Dundas.

Der Director der Kanal-Compagnie, Baron Dundas, war also der Grossvater des jetzigen Grafen, (Earl) von Shetland.

Symington, der, während er 1801 mit dem Bau der Maschine für das von Baron Thomas Dundas ge-

wünschte Boot auf der Fabrik zu Carron beschäftigt war, sich ein neues Patent für Verbesserungen an Dampfmaschinen verschafft hatte, machte dieselben jetzt in Bezug auf die Condensation wie die Watt'sche, denn das Privilegium, welches Watt während einer so langen Periode genossen hatte, war 1800 endlich erloschen. Der Mechanismus überhaupt, welchen Symington auf diesem seinen dritten Dampfboote einrichtete, war in den Hauptsachen jenem gleich, welcher seitdem auf solchen Fahrzeugen in allgemeine Anwendung gekommen ist.

Sein horizontal gelegter Cylinder hatte zwei und zwanzig Zoll im Durchmesser; die Kolbenstange wirkte direct auf die Kurbel der Räderachse.

Für den Bau des Bootes hatte, wie wir aus dem Journal des Comités ersehen, der Baron Dundas ein Modell vom Capitain Schank empfohlen. Da von dieser Person in keiner gedruckten Schrift in Verbindung mit Symington's Dampfboot gehandelt worden ist, so erwähne ich, dass hier der 1746 in Schottland geborene und 1823 als Admiral der blauen Flagge in England verstorbene John Schank gemeint ist.

Er war mit viel Talent für Mechanik begabt, hatte die Ehre Mitglied der Royal Society zu sein, und war eines der ersten Mitglieder des vom Buchhändler John Swell in London gestifteten Vereins zur Verbesserung des Schiffbaues.

Schon, als Schank noch Lieutenant bei der Flotte war, hatte er viel von sich reden gemacht, weil er 1776 zu S. Johns in Nordamerika ein Schiff, the Inflexible, so unglaublich schnell erbaut und mit 18 Zwölfpfündern ausgerüstet hatte, dass sechs Wochen nach Legung des Kiels schon darauf gefochten und gesiegt worden war.

Während Symington 1789 das Dampfboot für Miller auf dem Carron zurichtete, baute Schank zu Deptford ein Fahrzeug, mit dem Kiel nach einem ihm eigenen und schon früher einmal von ihm in Amerika ausgeführten Plan, dessen weitere Anwendung und Prüfung auf Schiffen ihn bis 1792 beschäftigte. Nach Ausbruch des Krieges mit Frankreich war er, neben seinem Amt in der Behörde, welche die Verschiffung von Truppen und Militairgeräthen besorgte, bemüht, Anstalten zur Vertheidigung der Küste Englands zu treffen; er machte schwimmende Batterien zur Beschützung der Häfen u. a. m.

Ich habe mich aus dem Journal des Verwaltungs-Comités der Forth- und Clyde-Kanal-Compagnie überzeugt, dass dasselbe von vorne herein sehr entschieden gegen die ihm vom Baron Dundas so zu sagen aufgedrungene Neuerung war.

Unterm 18. Januar 1802, zwei Monate vor der bekannt gewordenen Probefahrt mit dem Boote steht im Journal: mehrere Herren im Comité hätten gute Gründe (die aber nicht genannt werden) zu glauben, es könne dasselbe keineswegs zum Bugsiren von Fahrzeugen auf dem Kanal taugen.

Der Baron Dundas ward daher ersucht, von Symington Auskunft über den ganzen zu dem Boot gehörigen Apparat und Rechnung über alle Unkosten einzuverlangen, damit man mit Symington zum Abschluss kommen und Massregeln ergreifen könne, das Boot und die Geräthschaften auf die beste Weise zu nutzen.

Das Dampfboot war Charlotte Dundas genannt worden. Im März 1802 machte der Baron, als Director der Compagnie, in Gesellschaft einiger von ihm eingeladenen Personen eine Fahrt auf dem Boot, welches zwei beladene nach Grangemouth gehörige Fahrzeuge am Schlepptau hatte. Es bugsirte sie auf dem Kanal von der Schleusenkammer Nr. 20 in sechs Stunden, eine Strecke von beinahe zwanzig Meilen, zu dem Bassin Port Dundas, welches den Terminus eines Zweiges des Hauptkanals und gleichsam den Hafen desselben auf einer bedeutenden Höhe bei Glasgow bildet.

Diese Fahrt ist bemerkenswerth, weil sie die erste war, wo Dampfkraft auf einem Wasserfahrzeuge zu einem commerziell nützlichen Zwecke, obschon eigentlich nur versuchsweise, angewendet wurde.

Das Comité blieb des guten Resultates ungeachtet wie früher gegen den Gebrauch des Dampfbootes auf dem Kanal gestimmt. Am 25. August 1802 verlangte es Auskunft, auf wessen Anordnung zu Grangemouth noch ein Fahrzeug gebaut werde, welches für ein Dampfboot bestimmt sein sollte, und man kam überein „da das bereits vorhandene wahrscheinlich nicht den Zweck, für welchen es bestimmt war, erfüllen werde,“ so könne man nichts besseres damit thun als die Maschine herausnehmen und ihm einen neuen Boden geben, um es als Ballastboot zu Grangemouth, wo ein solches sehr nöthig sei, zu gebrauchen.

12*

Unterm 9. November 1802 beschloss das Comité, welches nun noch dazu wegen der bedeutenden Unkosten übel gestimmt war, aus dem Charlotte Dundas-Dampfboot unverzüglich unter Herrn Selby's Aufsicht ein Ballastboot zu machen.

Der, das Nützliche der Anwendung von Dampfkraft für Schifffahrt weislich einschende und das Gute lebhaft wünschende Director der Compagnie, Baron Thomas Dundas, empfahl Symington nun dem Herzoge von Bridgewater in England, welcher den so bekannten seinen Namen habenden Kanal durch den keineswegs gelehrten aber genialen James Brindley hatte ausführen lassen. Er erstreckte sich anfangs von Manchester nur bis zu dem etwa sieben Meilen entfernten Worsley, wo er nach verschiedenen Richtungen gar viele Meilen weit in die Bergerhabenheit hinein zu den dem Herzog gehörenden reichen Kohlenschichten geführt ist, wurde aber später bis zum Mersey bei Runcorn verlängert, so dass die Schifffahrt zwischen Manchester und Liverpool entstand.

Ich kann nicht umhin, hier beiläufig zu erwähnen, dass ich viermal bei Worsley die Fahrt auf dem Bridgewater-Kanal zu den stark bearbeiteten Kohlenwerken im Innern des Berges gemacht habe. Meine zweite Einfahrt fand am 2. Jänner 1817 (neuen Styles) unter mir unvergesslichen Verhältnissen statt.

Der Herzog von Bridgewater hatte Kenntniss von Lord Stanhope's 1795 zu London im jetzigen Commerciale Dock gemachten, aber ohne den gewünschten Erfolg gebliebenen Versuch, wo ein Boot, welches mit Entenfüssen ähnlichem Ruderapparat versehen war, durch Dampfkraft propellirt werden sollte. Einer Erzählung zufolge soll auf den Wunsch des Herzogs der Capitain Schank aus Deptford — also derselbe, welcher von mir näher bezeichnet worden ist — sich (zwischen den Jahren 1796 und 1799) viel vergebliche Mühe gegeben haben, Mittel zu finden, dass die mit Kohlen beladenen Boote von Worsley durch Dampfkraft auf dem Kanal nach Manchester geschleppt werden könnten. Auch ist erzählt worden, dass ein gewisser John Smith zu St. Helen's schon im Jahre 1793 ein Boot mittels Dampf, erst von St. Helen's auf dem alten Sankey-Kanal bis Runcorn, dann aber auf dem Bridgewater-Kanal nach Manchester gebracht habe.

Solche zu nichts Nützlichem führende Versuche können dazu beigetragen haben, dass Symington den Herzog, als er sich ihm in London vorstellte, ganz gegen den ihm von Baron Dundas zugekommenen Vorschlag gestimmt fand. Er soll aber nach seiner Unterredung mit ihm und nach Beschauung eines von ihm aus Schottland mitgebrachten Modells seine Ansicht so vollkommen geändert haben, dass er — nach Symington's Erzählung — zu dem Entschluss kam, unter seiner Anleitung nicht weniger als acht Dampfboote für seinen Kanal bauen zu lassen.

Symington kehrte neu belebt von Hoffnungen nach Schottland zurück, erhielt aber bald darauf Nachricht von dem am 8. März 1803 erfolgten Ableben des Herzogs und zu derselben Zeit die Endentscheidung der Forth- und Clyde-Kanal-Compagnie, dass man durchaus kein Dampfboot auf dem Kanal haben wolle.

In dem mir zugekommenen Auszug aus dem Journal des Comités ist kein Grund angegeben, warum es eigentlich so entschieden gegen den Gebrauch von Dampfbooten auf dem Kanal war. Die allgemeine Meinung ist, es habe die Furcht zum Grunde gelegen, dass die Ufer durch die heftige Bewegung des Wassers, welche die Ruderräder bewirken, beschädigt werden müssten.

Nun ist es merkwürdig, dass, als Symington tief gekränkt durch gescheiterte Hoffnungen, die Dampfschifffahrt verbreitet und seine Bemühungen nach Verdienst anerkannt zu sehen, sich bereits von den Orten seiner früheren Thätigkeit in den Kreis seiner Familie zurückgezogen hatte, ein Dampfboot auf dem Forth- und Clyde-Kanal eingeführt wurde, und als er am 22. März 1831 in London die Augen schloss, war das Verwaltungscomité in Glasgow beschäftigt, einen Bericht abzufassen, welcher der Generalversammlung der Compagnie in London am 9. Mai 1831 vorgetragen wurde.

Das Comité meldete, dass seit einiger Zeit ein Dampfboot, genannt „Cyclops,“ auf dem Kanal Kaufmannsgüter von Port Dundas bei Glasgow nach Alloa in Stirlingshire mit dem wünschenswerthesten Erfolg geführt habe, und dass Fairbairn und Lilly aus Manchester eben ein eisernes Dampfboot für Passagiere auf dem Kanal geliefert haben. Dieses Boot, es war ein doppeltes, hatte den Namen „Lord Dundas“ zu Ehren des Sohnes des oft genannten früheren Directors, des

Barons Laurence Dundas, Vaters des jetzigen Grafen von Shetland, bekommen. Fairbairn war aufgefordert worden, so bald als möglich noch ein solches Passagierboot für den Kanal zu machen.

Das Comité berichtete der Compagnie formell, es sei innerhalb der letzten zwölf Monate auf die überzeugendste Weise dargethan worden, dass die bis dahin gehegte Meinung, Dampfboote könnten nicht auf dem Kanal gebraucht werden, eine ganz irrige gewesen sei.

Ich habe nicht nöthig anzugeben, weder was später wieder für Abänderungen rücksichtlich der Boote auf dem Kanal getroffen, noch mit welch' gutem Erfolg man daselbst die Houston'schen Schnellboote eingeführt habe. Durch das Angeführte wünschte ich bloss darauf aufmerksam zu machen, dass die Forth- und Clyde-Kanal-Compagnie durch ihre unbegründete Weigerung den Vorschlag ihres Director gehörig zu prüfen (des Baron Dundas' Motto im Wappen war: essayez) den Ruhm verscherzt hat, die Dampfschifffahrt nicht nur in Europa, sondern überhaupt in der Welt zuerst in praktische Anwendung gebracht zu haben.

Hätte man das Dampfboot „Charlotte Dundas" eine Zeit lang auf dem Forth- und Clyde-Kanal zum Bugsiren von Barken und anderen Fahrzeugen nach Glasgow und auf der Clyde gebraucht, so würde gewiss Jemand Symington die Mittel dargereicht haben, ein Dampfboot zu Fahrten auf dem Clydefluss selbst, zu welchem der Kanal leitet, zu bauen, da dann zweifellos bald mehrere andere gefolgt wären, wie solches später, nämlich nach dem Jahre 1812, in welchem Henry Bell's-Boot auf der Clyde erschien, wirklich der Fall war.

Dann wäre dem Baron Thomas Dundas, der nicht wie Miller mit Willen seine Hand vom Pflug zurückzog, ein lauterer Dank als jetzt der Fall ist zugekommen, Symington würde dann nicht unbeachtet und in Armuth verstorben sein, während andere, durch ihn belehrt, Ruhm und Vortheile ernteten, und die Weltgeschichte hätte die Einführung der Dampfschifffahrt gerade vom Beginn des laufenden Jahrhunderts datirt.

Ich habe von dem Dampfboot „Charlotte Dundas" umständlich gehandelt, nicht nur weil es das erste gute Dampfboot in Europa war, sondern, und besonders weil untersucht werden muss, ob es gegründet sei, dass der andere Welttheil, Amerika, ihm seine Dampfschifffahrt zu verdanken habe.

In Grossbritannien ist dieses in vielen Büchern als Thatsache aufgestellt und ohne Prüfung allgemein geglaubt worden.

Fragt man, worauf die Annahme des Factums beruht, so heisst es, Fulton habe eine Fahrt auf dem genannten Dampfboote gemacht und während derselben von Symington alle nöthige Belehrung zur Erreichung seines Zweckes in Amerika erhalten.

Forscht man nach dem Beweis für diese Fahrt und Belehrung Fulton's, so wird man auf eine zu Edinburg in einer Encyklopädie gedruckte, angeblich von Symington stammende Erzählung verwiesen.

Ehe wir uns diese Erzählung vor das Gedächtniss rufen, wird es nöthig sein, die Verhältnisse zu berücksichtigen, in denen sich Symington zu der Zeit befand, als er dieselbe aufgesetzt haben soll.

Aus Originalbriefen habe ich ersehen, dass Symington, indem er sich auf sein Privilegium von 1801 stützte, in den Jahren 1814 und 1815 von Henry Bell Patentgebühr wegen des von ihm 1812 auf dem Clydefluss bei Glasgow in Gang gesetzten Dampfbootes verlangte.

Bell fand die Eigenthümer der nach dem seinigen aufgekommenen Dampfboote gern willig, ihm behülflich zu sein Symington's Forderung abzuweisen; Mangel an Geld hinderte den letzteren, nicht nur eine Verlängerung seines Patentes auszuwirken, sondern auch mit Bell Process zu führen.

Im Jahre 1821 kam er selbst nach Glasgow, drohte mit Litigation, fügte aber hinzu, er sei zu einer freundschaftlichen Abmachung geneigt. Man antwortete, seine Forderung sei „ungegründet und albern" und man werde weder dann noch je mit ihm etwas abmachen. Um Verachtung auszudrücken, verlangte man, wenn etwa wieder geschrieben werden sollte, das Briefporto vorher zu zahlen.

Der bedrängte Symington wandte sich endlich (am 2. Juni desselben Jahres) an die Generosität der Eigenthümer von Dampfbooten auf der Clyde und bat sie, ihm eine Gratification zu bestimmen. Man gab ihm nichts.

Nun machte Symington der Regierung Vorstellungen über seine Leistung. Man hätte wahrscheinlich etwas für ihn gethan, wenn nicht gleichzeitig Taylor

sich als erster Angeber der Idee, Dampf für Schifffahrt anzuwenden, geltend zu machen und dabei Symington so viel als möglich in den Hintergrund zu stellen gesucht hätte.

Wirklich wurde der Witwe Taylor's bald nach seinem 1825 erfolgten Tode eine Pension von fünfzig Pfund Sterling ausgesetzt und später erhielt eine jede seiner vier Töchter ein Geschenk von fünfzig Pfund. Bell kriegte zweihundert Pfund, Symington aber hatte nur erst hundert und dann noch fünfzig Pfund bekommen.

Im Jahre 1824 wurde in dem von Macvey Napior besorgten Supplement zu den früheren Ausgaben der Encyclopaedia britannica als Symington's folgende, wahrscheinlich einer Bittschrift an die Regierung beigefügt gewesener Erzählung gedruckt:

„Im Jahre 1802, als ich auf dem (Forth- und Clyde-) Kanal meine letzten Versuche machte, kam Fulton dahin und sagte, er sei vor Kurzem aus Nordamerika gekommen, wohin er in wenigen Monaten zurückzukehren gesonnen sei. Er habe von unseren Dampfbootoperationen gehört und könne dieses Land nicht verlassen, ohne mir erst einen Besuch gemacht zu haben in der Erwartung das Boot zu sehen und von mir diejenige Auskunft über dasselbe zu erhalten, die ich für gut finden möge ihm mitzutheilen."

„Er bemerkte, dass, wie nützlich auch eine solche Erfindung für Grossbritannien sein möge, sie es doch weit mehr für Nordamerika werden müsse, wegen der Ausgedehntheit vieler dortigen schiffbaren Flüsse. Da Holz erster Qualität sowohl zum Bauen der Fahrzeuge als zur Feuerung für die Maschine dort wohlfeil sei, so müsse dieselbe in wenig Jahren sehr einträglich für den Handel jenes Welttheiles werden. Seine Uebertragung des Planes nach Nordamerika könne nicht anders als zu meinem Vortheil dienen, da, wenn ich dazu geneigt sei, sowohl der Bau als die Aufsicht über solche Fahrzeuge natürlich mir zufallen müssten, wenn nämlich meine hiesigen Beschäftigungen mit Dampfbooten mir Zeit übrig liessen, denen, welche in Zukunft im Ausland gebaut werden möchten, meine Aufmerksamkeit zu widmen."

„Nachdem Fulton so gesprochen hatte, befahl ich, seinem sehr ernstlichen Gesuch willfahrend, Feuer unter den Kessel zu machen und bald nachher setzte ich das Dampfboot in Bewegung. Ich fuhr ihn von der Schleusenkammer Nr. 16, wo damals das Boot lag, vier Meilen gegen Westen auf dem Kanal und zurück in einer Stunde und zwanzig Minuten, worüber er sowohl als einige Herren, die bei der Abfahrt zufällig an Bord gekommen waren, nicht wenig erstaunten."

„Während dieser Fahrt frug Fulton, ob ich etwas dagegen hätte, wenn er sich Notizen über das Dampfboot machte, worauf ich mit Nein antwortete, da ich der Meinung war, je mehr Publicität einer Entdeckung, welche allgemeinen Nutzen zum Zweck hat, gegeben wird, desto besser sei es, und da ich das Privilegium durch mein Patent gesichert hatte, so fürchtete ich nicht, dass er meinem Rechte in den britischen Besitzungen schaden könne, obschon ich wohl wusste, dass in den Vereinigten Staaten ich keine Controle darüber habe."

„Hierauf zog er ein Memorandumbuch aus der Tasche und nachdem er mehrere Fragen über den Bau im Allgemeinen und über die Wirkung der Maschine gemacht hatte, welche ich alle aufs Genaueste beantwortete, notirte er umständlich alles ihm Beschriebene und fügte seine eigenen Bemerkungen über das Boot hinzu, welches mit ihm auf dem Kanal dahin glitt. Er scheint aber solches ganz und gar vergessen zu haben, denn, ungeachtet seiner schönen Versprechungen habe ich nie etwas von ihm gehört, bis ich in einer Zeitung die Nachricht von seinem Tode las."

Da es sich bei Niederschreibung des hier Angeführten darum handelte, von der Regierung eine Belohnung zu bekommen, so war ein beeidetes Zeugniss nöthig. Dieses lieferte im Jahre 1824 — wer? — ein Arbeiter, der mehr als zwanzig Jahre zuvor Feuermann auf dem Boot gewesen war. Er sagte auf Eid aus, dass 1801 (?) bald nach der Probefahrt ein Fremder zu dem Boot gekommen sei, und er habe ihn sagen gehört sein Name sei Fulton.

Robert Bowie, der Schwiegersohn Symington's, welcher zwei Jahre nach des letzteren Tod, nämlich 1833, eine Broschure drucken liess, theils um die Verdienste Symington's mehr bekannt zu machen, theils aber auch, um wo möglich der nachgelassenen Witwe und den drei Kindern (seiner Frau und ihren zwei Brüdern) zu nützen, gibt die obige Erzählung, modificirt sie aber etwas und beginnt sie so: „Eines Tages im Monat Juli des Jahres 1801 oder 1802 trug

es sich zu, dass ein Fremder (a stranger) ans Ufer des Kanals kam und mich zu sehen wünschte; er annoncirte sich als Fulton u. s. w."

Nach dieser Erzählung soll also Fulton im Juli 1801 oder 1802 in Schottland bei Symington auf dem „Charlotte Dundas"-Dampfboot, welches sich auf dem Forth- und Clyde-Kanal befand, gewesen sein, da er doch dazumal in Frankreich war.

Er soll unlängst aus Amerika gekommen sein, da er doch schon fünfzehn oder sechzehn Jahre, nämlich seit 1786, aus Amerika weg war.

Er sollte in wenigen Monaten, nach Bowie gar in wenig Wochen, wieder nach Amerika zurückkehren, da er doch erst vier oder fünf Jahre später, nämlich Ende 1806, dahin reiste.

Was ist von einer Erzählung zu halten, die mit solchen grellen Unwahrheiten anhebt?

Untersuchen wir nun näher, wo namentlich Fulton in den Jahren 1801 und 1802 war und womit er sich beschäftigte.

Robert Fulton war bekanntlich, wenn einundzwanzig Jahre alt, aus Amerika (1786) nach London gekommen, um sich als Maler zu vervollkommnen, war aber, bei seinem angebornen Talente fürs Technische, in England von der schönen Kunst zu der nützlichen übergegangen.

Während seines spätern Aufenthaltes in Frankreich (seit 1797) war eine seiner Hauptbestrebungen, Mittel zu finden, die Meere zum Gemeingut aller Nationen zu machen. Sein Wahlspruch war: „The Liberty of the Seas will be the Happiness of the Earth." (Die Freiheit der Meere wird die Wohlfahrt, das Glück der Erde sein.)

Sein Project, mit einem Taucherfahrzeuge, Nautilus, und mit unter Wasser explodirenden Bomben, Torpedos, Kriegsschiffe zu zerstören, welches man zweimal unter dem Directorium in Frankreich, so wie auch in Holland zurückgewiesen hatte, war im Jahre 1801 auf des ersten Consuls Bonaparte Befehl einer aus Laplace, Monge und Volney gebildeten Commission zur Prüfung übergeben worden und Fulton war nicht nur im Juli des genannten Jahres, sondern den ganzen Sommer hindurch bei Brest und anderwärts an der Küste Frankreichs bemüht, englische Schiffe in die Luft zu sprengen, wobei es ihm aber ging wie dem Knaben mit dem Salz beim Vogelfang.

Wir wissen nicht nur, dass Fulton sich im Frühjahr von Paris nach Brest begab, sondern wir haben specielle Nachricht über das, was er namentlich am dritten, am vierundzwanzigsten und am sechsundzwanzigsten Juli, so wie am siebenten August mit seinem Taucherboote für Schwimmversuche unter dem Wasser machte, auch dass er sich nachgehends mehr mit den Torpedos beschäftigte.

Es ist demnach unumstösslich erwiesen, dass der Fremde, welcher nach den angeführten beeidigten und vom Friedensrichter Robert Dundas zu Blair-Castle in Pertshire unterschriebenen Zeugnisse eines Feueranschürers oder Heizknechtes (Robert Weir) im Jahre 1801 zu Symington's Boot gekommen sein soll, und welchen dieser Arbeiter will gehört haben sagen, sein Name sei Fulton, gewiss nicht Robert Fulton, der Torpedo-Mann war.

Bowie scheint, des auf Eid ausgesagten Zeugnisses wegen, das Jahr 1801 zusammen mit dem Jahre 1802, welches sein Schwiegervater angab, genannt zu haben.

Symington sagt in der Erzählung, welche uns das Supplement zur Encyclopaedia britannica als die seinige gibt, er habe den Besuch auf dem Boote im Jahre 1802, als er seine letzten Versuche auf dem Kanal machte, bekommen. Wir wollen suchen auszufinden, wann dieses gewesen sein muss.

Die Probefahrt, welche der Baron Dundas mit seinem Schwiegersohn, Archibald Spierce, und einigen anderen Personen auf dem Kanal machte, fand im März 1802 statt.

In dem von mir erhaltenen Auszug aus dem Journal des Verwaltungs-Comités steht im August, dass Mr. Baird (hier ist Hugh Baird, einer der Onkel unsers Herrn Francis Baird gemeint, welcher Ingenieur beim Forth- und Clyde-Kanal war und an demselben zu Kelvinhead wohnte, wo ich ihn besucht habe) in seinem letzten Bericht (über den Juli-Monat) melde, man habe das Dampfboot auf dem Kanal ganz verwahrlost (in a careless manner) liegen lassen.

Das Comité beschloss, Symington eine Copie dieses Theils von Baird's Rapport zuzustellen und von ihm zu verlangen, dass das Boot mit der dazu gehörigen Maschinerie in gehörige Verwahrung gebracht werde. bis er vom Director Lord Dundas Anweisung

erhalte, was damit geschehen sollte (how she is to be disposed of).

Wenn also im Juli 1802 das Boot schon in vernachlässigtem Zustande auf dem Kanal lag, wenn der beim Feuerheerd angestellte Arbeiter sagt, der Fremde sei einige Zeit nach der Probefahrt zum Boot gekommen, wenn Symington erzählt, es sei gewesen, als er seinen letzten Versuch auf dem Kanal machte, so ergibt sich, dass der Besuch in den Zeitraum vom April bis Juni 1802 fällt.

Forschen wir nun, wo Fulton zu der Zeit war. Am 1. October 1801 war zwischen Frankreich nnd England ein vorläufiger Friedenstractat abgeschlossen worden, in Folge dessen alle Kriegsoperationen, also auch die zur See, aufhörten und Fulton war nach Paris zurückgekehrt.

Er fand hier den kurz vorher (1801) aus Amerika als Gesandter nach Paris gekommenen Robert R. Livingston vor. Dieser hatte sich seit 1797 in Amerika sehr ernsthaft bemüht, auf dem Hudsonfluss Dampfboote zu etabliren, wozu ihm auch 1798 ein bereits 1789 John Fitch bewilligt gewesenes Privilegium übermacht worden war.

Es entstand bald zwischen Livingston und Fulton eine gegenseitige Annäherung und es wurde von ihnen beschlossen, gemeinschaftlich die Einführung der Dampfschifffahrt in Amerika zu betreiben.

Fulton wohnte in Paris immer als Hausfreund bei seinem Landsmann, Joel Barlow, so wie er anfänglich in London vom Präsidenten der Akademie der Künste, Benjamin West, ebenfalls Amerikaner, in's Haus genommen worden war.

Barlow hatte das gräflich Clermont-Tonner'sche von ihm wohl ausgestattete Hôtel inne, wo er unter Andern seine letzte Ausgabe der Columbiade bearbeitete, zu welcher Fulton die bildlichen Darstellungen lieferte, daher das Werk ihm dedicirt ist. Barlow kehrte in der Folge aus Frankreich etwas früher wie Fulton aus England nach Amerika zurück, wo er ihm auf seinem Landsitz, Kalorama, unweit Washington, auch noch Dienste leistete.

Beiläufig bemerke ich, dass Barlow's Gebeine sich auf russischem Gebiete befinden. Er war 1811 als Gesandter von Amerika zu Napoleon abgefertigt worden und hatte sich von Paris nach Wilna zum Herzog von Bassano begeben; beim Rückzug der Franzosen aus Russland starb er am 26. December 1812 auf der Reise von Wilna nach Krakau zu Zarnowiec, wo er dann auch begraben ward.

Am 27. März 1802 ward der schon vorhergesehene Friede zu Amiens ratificirt.

Da also, wenigstens für eine Zeit, nichts mit Torpedos zu unternehmen war und Fulton ungestört mit Modellen Versuche anzustellen wünschte, um die beste Bewegungsmethode für Boote auszumitteln, so begleitete er die Frau seines Wohlthäters und Frenndes, Madame Barlow, im Frühjahr in's Bad zu Plombières im Departement der Vogesen, wo ihm die durch den Ort fliessende Cangronne Gelegenheit darbot, sein Vorhaben anf bequeme Weise auszuführen.

Im Monat Juni schrieb Fulton aus Plombières mehrere Briefe nach Paris an Livingston und an Barlow, in welchen er Auskunft über seine bis dahin angestellten Versuche gab.

Wir sehen also, dass Fulton auch im Juli des Jahres 1802 nicht in Schottland sein konnte.

Im Jahre 1846 wurde dem Institut der Ingenieure zu London in einer von dem derzeitigen Präsidenten Sir John Bennie, in der allgemeinen Jahresversammlung gehaltenen Anrede vorgetragen: „Robert Fulton sei 1802, nachdem er einige Zeit in England gewesen, da er von Symington's Versuch gehört, nach Schottland zu ihm gereist, habe einige Fahrten auf dem Kanal gemacht, und nachdem er sich alles ihm Nöthige notirt, sei er nach Frankreich abgegangen, wo er dann sein erstes Dampfboot gebaut habe."

Nachdem Fulton aus dem Badeorte Plombières nach Paris zurückgekehrt war, beschäftigte er sich mit Livingston zusammen, um das Nöthige zum Bau eines Dampfbootes in Paris einzuleiten.

Am 17. April 1802 hatte sich der Uhrmacher Desblanc aus Trévoux an der Saone im Departement Ain, zusammen mit einigen anderen Personen, ein Privilegium für ein Dampfboot geben lassen.

Fulton sah, im October, ein Dampfboot-Modell im Conservatoire des arts et métiers, welches Desblanc schon vor 1791 verfertigt haben sollte.

In den erst n Tagen des Jahres 1803 reichte Fulton eine Beschreibung der von ihm für die beste gehaltene Einrichtung des Ruderapparates ein, und bald daranf deponirte er in demselben Conservatorium ein Modell des für ihn nnd Livingston bestimmten

Bootes, an welchem schon seit geraumer Zeit gebaut wurde. Fulton muss schon im Winter ziemlich versichert gewesen sein, ein gutes Resultat erlangen zu können, denn Livingston schrieb nach Amerika, um in ihrer beider Namen ein Privilegium für Dampfboote auf dem Hudson zu bekommen, und wirklich wurde schon am 6. April (1803) ihnen beiden das frühere Livingston'sche unangewendet verbliebene Privilegium zugesprochen.

Um diese Zeit war das Boot in Paris fertig, die Maschine aufzunehmen, es war aber zu schwach gebaut und brach, bald nachdem sie eingesetzt war, während einer starken Bewegung des Wassers durch Wind unter dem Gewicht derselben zusammen, so dass es versank.

Es wurde sogleich ein stärkeres Boot in Bau genommen und sodann mit Maschine und Ruderrädern ausgerüstet.

Als es fertig war und im August (1803) auf der Seine probirt werden sollte, hatte Fulton die Mitglieder des Instituts eingeladen, Zeugen davon zu sein.

Fulton war also auch im Sommer des Jahres 1803 nicht in Schottland.

Es haben aber einige britische Autoren, welche von seinem Dampfbootbau in Paris Erwähnung thun mussten, und doch die ihnen sehr willkommene und für ihr Land so schmeichelhafte Erzählung von Fulton's Fahrt auf Symington's Boot nicht aufzugeben wünschten, drucken lassen, Fulton sei nach Vollendung seines Bootes in Paris im Jahre 1803 nach Schottland gereist und habe dann erst die von Symington beschriebene Fahrt auf seinem Dampfboot gemacht, bei welcher Gelegenheit er in den Besitz aller ihm nöthigen Belehrungen gekommen sei.

Unter Andern that dieses Scott Russell in seinem Buch über Dampf- und Dampfschifffahrt, so wie auch James Newlands, ein Ingenieur, welcher den geschichtlichen Theil vom Artikel „Dampfschifffahrt" in der siebenten Ausgabe der Encyclopaedia britannica geliefert hat.

Fulton kam aber, wie wir sehen werden, erst im Mai 1804 aus Frankreich nach London und er war 1804 und 1805 in England, eben so, wie schon im letzten Theil des Jahres 1803 in Frankreich und in Holland, nicht mit Dampfschifffahrt, sondern mit andern Dingen so beschäftigt, dass er nicht daran denken konnte nach Schottland zu reisen, was auch in Bezug auf Symington's Boot unnütz gewesen wäre, denn das war damals schon vom Forth- und Clyde-Kanal weg.

Es ist also gewiss, dass Fulton keine Fahrt auf dem Charlotte Dundas-Dampfboote gemacht und also auch nicht auf einer solchen Fahrt ähnliche Boote in Amerika zu bauen gelernt hat.

Kein britischer Autor hat aber Zweifel über die Wahrheit von Symington's Erzählung erhoben und sie also auch keiner Prüfung unterworfen.

Man citirt Fultons Fahrt als ein „unumstössliches Faktum" und man liebt hinzuzufügen, dieses liefere den „nicht zu bezweifelnden Beweis," dass Amerika seine Dampfschiffe von Grossbritannien erhalten habe.

Wir wollen nun noch suchen auszufinden, wie Symington eine so unwahre Erzählung geben konnte.

Ganz aus der Luft gegriffen kann sie nicht sein. Das Wahrscheinlichste ist, dass 1802 Jemand zu seinem Boot gekommen war, der für Fulton und in seinem Namen sich die Auskunft über dasselbe erbeten hat. Dieses Individuum muss Henry Bell gewesen sein.

Fulton hatte, während seines ersten Aufenthaltes in England von 1786 bis 1797 dort unter dem Titel eines Civil-Ingenieurs 1796 ein Buch mit Kupfern über Kanal-Schifffahrt drucken lassen, auch an Lord Stanhope 1795 wegen des Gebrauches von Dampfbooten auf Kanälen geschrieben.

Ohne Zweifel hatte er schon damals von dem 1789 von Symington auf dem Forth- und Clyde-Kanal für Miller gemachten Dampfboot Kenntniss. Jetzt, Ende 1801, da er sich in Paris mit Livingston verbunden hatte, zu suchen die Dampfschifffahrt in Amerika einzuführen, musste er wünschen, genauere und neuere Nachrichten über Symington's Leistungen in Schottland zu besitzen.

Er wendete sich daher wahrscheinlich schriftlich an Bell, der in der Nähe vom genannten Kanal zu Glasgow wohnte und den er früher persönlich kennen gelernt hatte.

Bell schrieb einst, Fulton sei zweimal bei ihm gewesen, und habe sich einmal eine Zeit lang bei ihm aufgehalten (he stoped with me for some time). Zuverlässige Daten muss man jedoch nicht hoffen bei Bell zu finden.

Dass Fulton Bell um Auskunft über die Dampfboote, welche von Symington für Miller ausgerüstet worden waren, durch einen Brief ersucht hat, wissen wir ganz bestimmt von Bell selbst, der in späterer Zeit, als Fulton nicht mehr lebte, nicht wenig damit prahlte, dass dieser durch ihn Beschreibungen und Zeichnungen zugesandt bekommen habe. Es ist hievon auch in Zeitungen Meldung geschehen.

In einem, von mir in Schottland gesehenen Exemplare von Cadwallader Colden's Leben von Fulton, gedruckt 1817 in New-York, fand ich da, wo erzählt wird, dass er sich mit Livingston in Paris mit Dampfbooten zu beschäftigen begann, von Bell's Hand eingeschrieben: „Henry Bell lieferte in diesem Jahre den Franzosen eine Beschreibung und den Plan von Dampfbooten, so auch anderen Mächten in Europa." (er schrieb: Yourope).

An einer andern Stelle desselben Buches, wo gesagt wird, es könne nicht geleugnet werden, dass Fulton der erste gewesen sei, der der Welt Nutzen von der Anwendung von Dampf für Schifffahrt verschafft habe, fand ich von Bell hinzugeschrieben: „nachdem L. Bell ihm die Augen geöffnet hatte."

Von einem Besuch Bell's auf Symington's Boot ist auch wirklich die Rede gewesen. Miller's ältester Sohn frug (1824) bei Symington an, ob es wahr sei, dass Bell, der damals noch lebte, sich an ihn gewendet habe, um das Charlotte Dundas-Dampfboot auf dem Kanal zu sehen, und dass er ihm damals alle verlangte Erklärung gegeben habe?

Dann schreibt Miller: Ich erfahre auch — wahrscheinlich hatte er Symington's Erzählung gelesen oder von ihr gehört — dass Fulton in Carron war, und dass er Gelegenheit gehabt hat, das Boot zu sehen, auch dass er von Ihnen Auskunft über das Dampfsystem bekommen hat.

Sir John Robison trug im Jahre 1839 der königlichen Gesellschaft der Künste in Edinburg, ohne den Beweis zu führen, vor, Fulton habe mit Bell zusammen das Boot auf dem Kanal besucht.

Bell durfte dazumal dreist zu Symington auf sein Boot kommen, denn dieser konnte im Jahr 1802 nicht ahnen, dass er je ein Dampfboot bauen werde. Wahrscheinlich hat er Fulton's Namen öfter genannt wie seinen eigenen.

Zu jener Zeit machte aber auch der Name Fulton nicht den Eindruck, den er seit seinen Leistungen in Amerika bei Jedermann hervorbringt. Die von dem Fremden in Aussicht gestellte Einführung der Dampfschifffahrt in jenem Welttheil war das, was bei Symington im Gedächtniss blieb; den Namen Fulton wird er sich erst wieder notirt haben, als er von seinem Thun in Amerika Kunde bekam. Schwerlich wird ihm Jemand glauben, dass die Nachricht von Fulton's Tode die erste war, die er über ihn erfuhr.

Hätte Symington den vermeinten Besuch Fulton's während des letzteren Lebenszeit beschrieben, so hätte dieser Aufklärung darüber gegeben und die Erzählung berichtigen können.

Er trug sie aber erst neun Jahre nach Fulton's Tode vor, und zwar zu jener Zeit, wo er Alles hervorsuchte, was dazu dienen konnte, um sich der Regierung einer Belohnung würdig zu zeigen.

Bowie, der nach Symington's Ableben ankündigte, es sei die Absicht, das Parlament um Unterstützung für die nachgebliebene Familie zu bitten, hätte unterlassen sollen zu sagen, Fulton habe bei Gelegenheit seiner Fahrt auf dem Charlotte Dundas-Dampfboot „Symington's Erfindung geraubt (he pirated Mr. Symington's invention)" und dieses sei klar aus Symington's „unwiderlegbarer Darstellung" (incontrovertible statement).

Dass Fulton sich Kenntniss zu verschaffen suchte von dem, was man in der letzten Zeit in Schottland geleistet hatte, war ganz in der Ordnung.

Die Royal-Institution in London hatte 1802 in ihrem Journal Symington's Dampfboot kurz beschrieben. Fulton wusste, was John Fitch und James Rumsey in Amerika schon vor den Versuchen mit Miller's Dampfbooten, und was seitdem Andere gethan hatten; es waren keine Geheimnisse, eben so wenig wie seine eigene Kombination, von welcher er, wie schon gesagt, eine Beschreibung und ein Modell dem Conservatoire des arts el métiers zustellte.

Fulton's neues Boot war kaum begonnen, als Ende Mai 1803 von Neuem Krieg zwischen England und Frankreich ausbrach.

In Folge hievon entstand eine lange Unterbrechung seiner Beschäftigung mit Dampfbooten. Wäre diese nicht eingetreten, so hätte Amerika wahrscheinlich zwei Jahre früher, als es der Fall war, ein Dampfboot auf dem Hudsonfluss gehabt.

Das britische Parlament war schon im Mai 1802 durch Lord Stanhope, welcher Fulton kannte, auf seine während des Sommers von 1801 gemachten Versuche, englische Schiffe in die Luft zu sprengen, hingewiesen worden und das Annual-Register von 1802 enthielt eine Notiz über die Torpedos und über das Taucherboot.

Das Ministerium beschloss, Fulton einzuladen, Frankreich zu verlassen und nach England zu kommen. Er wurde benachrichtigt, dass, wenn er sich nach Amsterdam begeben wolle, er dort einen englischen Agenten vorfinden werde, der beauftragt sei, mit ihm die erforderliche Uebereinkunft abzuschliessen. Fulton — der nach Scott Russel's Buch und nach der letzten (siebenten) Ausgabe der Encyclopaedia britannica im Herbst von 1803 zu Symington nach Schottland geeilt sein sollte — begab sich in Folge der aus England erhaltenen Anweisung im Oktober dieses Jahres (1803) von Paris nach Amsterdam, wo er auf den britischen Agenten wartete; da sich aber Niemand meldete, so kehrte er im Januar 1804 wieder nach Paris zurück.

Endlich erschien hier der Agent und Fulton reiste im Mai nach London ab.

Es fügte sich so, dass gerade damals, am 15. Mai, ein Ministerwechsel stattgefunden hatte. Pitt war an Addington's Stelle Premier geworden und Fulton hatte daher in London nicht mit jenen Personen, die sein Herüberkommen veranlasst hatten, sondern mit den neuen Ministern zu unterhandeln.

Im Juni ward eine Kommission, bestehend aus lauter sehr bekannten Personen: Sir Josef Banks, Sir Home Popham, Major (später Sir William) Congreve, Henry Cavendih und John Rennie ernannt, um Fulton's unterseeischen Kriegsplan zu prüfen.

Die Kommission erwartete keinen praktischen Nutzen von dem Vorschlag. Wirklich ging es auch 1805 in England mit der Anwendung wieder wie im Jahre 1801 in Frankreich. Bekanntlich waren früher Bushnell's ähnliche Bemühungen in Amerika (1776 und 1777) ebenfalls ohne nützlichen Erfolg geblieben.

In Frankreich war 1801 bloss versuchsweise eine auf der Rhede von Brest hiezu geankerte Schaluppe zersprengt worden, um dem Vice-Admiral Villaret de Joyeuse, der damals eine so grosse Zahl Truppen nach St. Domingo zu führen im Begriff war, ein Experiment zu zeigen.

Den englischen Officieren gelang es 1805 nicht, auch nur ein einziges Schiff zu zerstören.

Um jedoch den Permier Pitt zu überzeugen, dass durch die Wirkung eines explodirenden Torpedos ein Schiff zersprengt werden kann, war im Herbst 1805 eine alte dänische Brigg auf der Rhede von Walmer, nicht weit vom Schloss, hiezu vor Anker gelegt worden.

Das Schloss Walmer, an der Südküste Englands, wo man bei klarem Wetter die Gestade Frankreichs sieht, ist jetzt immer die gelegentliche Residenz des „Lord Wardens“ der Cinque-Ports, der fünf Haupthäfen Englands, was Pitt damals war, so wie es zuletzt der Herzog von Wellington war, der hier seine Laufbahn beschloss.

Pitt konnte nicht zu der, Mitte Oktobers, in Fultons Anwesenheit vollzogenen Sprengung des erwähnten Fahrzeuges kommen. Er war kränklich und starb drei Monate darauf im Jahre 1806.

Lord Nelson hatte in jener Zeit, im Oktober, den grossen Sieg bei Trafalgar ohne Beihülfe von Torpedos gewonnen.

Pitt's Nachfolger als Premier, Lord Grenville, wollte das Nautilus- und Torpedo-Projekt nicht weiter betreiben lassen, und Fulton, der damit viel Zeit ohne den geringsten Nutzen verloren hatte, wendete sich nun (1806) wieder zu dem Plan, Dampfboote in Amerika einzuführen.

Nachdem er bei Boulton und Watt in Soho eine Dampfmaschine für ein solches Boot hatte machen lassen, schiffte er sich zu Falmouth ein und langte im December in New-York an, wo im folgenden Jahre (1807) sein erstes Dampfboot fertig ward und auf dem Hudson seine Fahrten begann.

Vor seinem Uebergehen aus Frankreich nach England 1804 muss Fulton bei der französischen Regierung einen grossartigen Plan eingereicht haben, der erst lange in den Bureau's der Minister liegen geblieben zu sein scheint und seitdem immer geheim gehalten worden ist.

Die wissenschaftliche Untersuchung eines Projektes von Fulton, welche Napoleon im Juli des Jahres 1804 aus dem Lager bei Boulogne dem National-Institut in Paris durch den kurz zuvor an Chaptals

Stelle Minister des Innern gewordenen Herrn von Champagny auftragen liess, kann sich auf nichts Anderes als auf die Anwendung von Dampf als Bewegmittel für Wasserfahrzeuge und namentlich für die sich damals von Boulogne gegen England rüstende grosse Flotille bezogen haben.

In dem Schreiben Napoleon's, der nicht lange vor der erwähnten Zeit den Kaisertitel angenommen hatte und nun auf einer Reise sich im Lager zu Boulogne befand, wird zwar die Dampfschifffahrt nicht genannt, sie muss aber gemeint sein; es lautet so:

„Monsieur de Champagny. Je viens de lire le projet du citoyen Fulton, ingénieur, que vous m'avez adressé beaucoup trop tard en ce qu'il peut changer la face du monde.“ (Der Kaiser Napoleon scheint nicht gewusst zu haben, dass der Citoyen Fulton, dessen so wichtiges Projekt er vor sich sah, damals schon zwei Monate lang aus Frankreich weg und in England war). „Quoiqu'il en soit, je désire que vous en confiez immédiatement l'éxamen à une commission composée de membres choisis par vous, dans les différentes classes de l'Institut. C'est là que l'Europe savante irait chercher des juges pour résoudre la question dont il s'agit. Une grande vérité, une vérité physique, palpable, est devant mes yeux. Ce sera à ces messieurs de la voir et de tâcher de la saisir. Aussitôt le rapport fait, il vous sera transmis et vous me l'enverrez. Tâchez que tout cela ne soit pas l'affaire de plus de huit jours, car je suis impatient. Et sur ce, Monsieur de Champagny, je prie Dieu de vous avoir en sa digne garde.

De mon camp de Boulogne, 21. Juillet 1804.

Napoleon.“

Man hat also sehr geirrt, wenn man, wie allgemein der Fall war, glaubte, Napoleon habe Fulton's Vorschlag wegen Dampffahrzeugen für seine Flotille mit Verachtung behandelt.

Der französische Flotten-Capitain Montgéry, welcher (1820) nach Amerika gesandt worden war, um zu sehen, was es dort neues Nützliches für die Marine gebe, schrieb in Bezug auf diesen Gegenstand: „Bonaparte traitait les auteurs (de divers projets) d'extravagans ou d'imbèciles et ajoutoit à l'égard de Fulton, que cet Américain etait un charlatan, un escroc, qui voulait seulement attraper de l'argent.“

Durch solche falsche, in Paris selbst gedruckte Angaben, ist man auch anderwärts vielfältig verleitet worden, Aehnliches aufzustellen. So sagte 1846 Sir John Rennie in seiner schon erwähnten Anrede in der Jahresversammlung der Civil-Ingenieure in London, es sei auffallend, dass Napoleon I. Fulton's Vorschlag keiner Aufmerksamkeit gewürdigt habe, denn er hätte ihm zur Ausführung seines damaligen gegen England gerichtet gewesenen Unternehmens wesentlich nützlich sein können.

Wir haben die Entscheidung des Pariser Instituts über Fulton's interessantes Projekt, von welchem in dem Schreiben des Kaisers die Rede ist, nicht erfahren. Der gedruckte historische Bericht über die seit 1789 gemachten Fortschritte in den mathematischen Wissenschaften, welche der beständige Secretair für diese Wissenschaften in der mathematisch-physikalischen Klasse des Instituts, Delambre, abgefasst hat und von welchem durch ihn, im Namen dieser Klasse, am 6. Februar 1808 dem Kaiser Napoleon im Reichsrath ein Auszug vorgetragen worden war, enthält auch nicht ein Wort über die Anwendung der Kraft des Dampfes zur Beschiffung der Gewässer, obgleich er ein besonderes Kapitel über „Moteurs“ hat, in welchem aber von unbedeutenden Dingen gehandelt wird, sogar von einem Vorschlag Molard's, Menschen, die nur einen Fuss, nur einen Arm, oder auch gar keinen haben, zum Drehen von Maschinen zu gebrauchen.

Delambre war bereits beständiger Secretair in der Klasse, als Fulton im August 1803 die Mitglieder des Instituts einlud, Zeugen von dem ersten Versuch mit seinem Dampfboot auf der Seine zu sein. Er bekleidete diese Funktion auch im Jahr 1804, als der Kaiser Napoleon befahl aus Gliedern des Instituts eine Kommission zur Prüfung von Fulton's Projekte zu bilden.

Hiezu kommt nun noch der wichtige Umstand, dass zur Zeit, als Delambre (im Februar 1808) dem Kaiser den Vortrag machte, Fulton's erstes amerikanisches Dampfboot schon ein halbes Jahr lang auf dem Hudsonfluss Passagiere und Waaren fuhr.

Es hatte sich so getroffen, dass bei seiner ersten Fahrt von Albany nach New-York, am 20. August 1807, der französische technische Botaniker François Andrée Michaux zusammen mit Fulton auf demselben war.

Dieser Michaux hatte damals die Waldungen Nordamerikas untersucht, und zwar mit Berücksichtigung der kommerciellen und technischen Nutzung der verschiedenen Holzarten. Sein Werk: Histoire des arbres forestiers de l'Amérique septentrionale, considerés principalement sous les rapports de leur usage dans les arts et de leur introduction dans le commerce, wurde 1810 in Paris gedruckt und eine englische Uebersetzung davon erschien 1817 in Philadelphia.

Cuvier hat in seinem Bericht über die Fortschritte der physikalischen Wissenschaften seit 1789, von welchem er, als beständiger Secretair für diese Wissenschaften in der mathematisch-physikalischen Klasse des Instituts, gleich nach Delambre, dem Kaiser Napoleon im Reichsrath einen Auszug vortrug, diesen Michaux, zusammen mit seinem Vater, in der naturhistorischen Abtheilung sowohl als in der über den Landbau lobend genannt und des letzteren Arbeiten, sein Werk über die verschiedenen Arten von Eichen in Amerika (1801) so wie die, nach seinem Tode, vom Sohn 1803 gedruckte Flora Boreali — Americana neben unseres Pallas's Flora Rossica, die jedoch vor 1789 erschienen war, angeführt.

Da Fulton von Michaux auf dem Dampfboote hörte, dass er noch in demselben Jahr (1807) nach Paris zurückzukehren gesonnen sei, so bat er ihn, Carnot einen Gruss zu bestellen und ihm mitzutheilen, dass er Zeuge von dem vollkommenen glücklichen Resultat seiner Bemühungen in Bezug auf die Einführung von Dampfbooten gewesen sei.

Fulton erzählte bei dieser Gelegenheit: Carnot habe ihm in Paris, als er der Regierung sein Projekt über Dampfbenützung als Bewegkraft für Wasserfahrzeuge vorlegte, gesagt, dass wenn er damals noch Kriegsminister gewesen wäre, er ihm alle Mittel zur Ausführung seines Planes zu verschaffen gesucht haben würde, weil er von demselben die grossartigsten Resultate für die Zukunft erwartete.

Also hat der Mann, welcher als ursprüngliches Mitglied der mathematisch-physikalischen Klasse des Pariser Instituts so viel in dem von ihm kultivirten Zweig der Wissenschaft geleistet, und der sich überhaupt auf mannigfaltige Weise nützlich gemacht hat, der noch zuletzt, ehe er zu uns nach Warschau kam, als Minister des Innern, während der hundert Tage im Jahr 1815 den Elementarunterricht in Frankreich durch die Einführung von Schulen nach der gegenseitigen Lancaster'schen Unterrichtsmethode fördern half, nicht nur die Wichtigkeit, sondern auch die Ausführbarkeit der Schifffahrt vermittelst Dampf richtig eingesehen, was nicht der Fall bei seinen Collegen im Institut gewesen zu sein scheint, denn Fulton theilte Michaux mit, der Marineminister, Herzog Decrès und das Institut haben zu seinem grossen Bedauern den von ihm dazumal eingereichten Plan wegen Dampffahrzeugen für unausführbar erklärt.

So erhalten wir ganz zufällig durch einen in Amerika reisenden Botaniker vom Hudsonfluss her einigen Aufschluss über die Ursache, warum in dem Bericht Delambres an den Kaiser Napoleon im Jahr 1808 nichts von der Anwendung von Dampf für die Schifffahrt erwähnt wird.

Die Unterdrückung der Anzeige über diesen so wichtigen Fortschritt ist um so anstössiger, da die praktische Entwickelung der Dampfschifffahrt vermittelst Ruderräder gerade in der von dem Bericht umfassten Periode, nämlich von 1789 bis 1808, stattfand.

Wir haben gesehen, dass Symington's erste Dampfboote mit Ruderrädern Ende 1788 und 1789 in Schottland hergestellt waren, und im Jahr 1807 begann in Amerika Fulton's erstes Dampfboot mit solchen Rädern regelmässig hundert und fünfzig Meilen lange Fahrten auf dem Hudsonfluss von New-York nach Albany, und dann von hier wieder dorthin zurück zu machen.

Zwischen den Booten Symington's und Fulton's findet, wie aus dem Vorhergehenden es sich ergibt, einiger Zusammenhang statt und darum war es nöthig, an des Ersteren Bemühungen mit Ausführlichkeit zu erinnern.

Symington's Konstruktion der Boote mit Miller's Rädern war aber ganz unabhängig von allen früher anderwärts gemachten und ohne praktische Anwendung verbliebenen Vorschlägen und Versuchen, von welchen Symington 1789 nichts wusste, wesswegen wir sie hier nicht aufzuzählen brauchen.

Wir haben aber zu bedauern, dass uns die Ansichten und das Urtheil der 1804 aus Gliedern des Pariser Instituts gebildet gewesenen Kommission nicht mitgetheilt worden sind. Sie gehören in die Geschichte der Dampfschifffahrt, dieser neben der elektrischen Telegraphie wichtigsten, von allen in unserem Zeit-

alter gemachten technischen Anwendungen der Wissenschaft zum allgemeinen Nutzen.

Wenn Delambre Gründe hatte, die Dampfschifffahrt im Jahr 1808 in seinem Bericht an den Kaiser Napoleon nicht zu erwähnen, so wäre zu wünschen gewesen, dass uns wenigstens späterhin der beständige Secretair Arago in seinen speciellen Schriften über Watt und über die Dampfmaschine nebst ihrer Anwendung zur Schifffahrt statt manchem Anderen die Entscheidung des Instituts über Fulton's Projekt von 1804 mitgetheilt hätte.

Napoleon I., welcher eingesehen zu haben scheint, was für gewaltige neue Kräfte die Kriegs- und die kommercielle Marine durch den Gebrauch von Dampf auf den Schiffen gewinnen musste, hatte das wissenschaftliche Europa an das Pariser Institut verwiesen, weil dessen Mitglieder die Richter seien, die über Fulton's im Bezug hierauf gemachten Plan entscheiden würden, welcher Plan, nach des Kaisers Worten, eine von ihm durchschaute, grosse, physische, palpable Wahrheit enthielt, die der Welt eine neue Gestaltung geben könne.

Die aus jenen Mitgliedern des Instituts gebildete Kommission sollte seiner Hinweisung nach diese Wahrheit erkennen und sollte suchen sie fest zu halten.

Es blieb jedoch den beiden, im Vorhergehenden oftgenannten Individuen, die nicht zum Pariser Institute gehörten, überlassen, die grosse physische Wahrheit für die Welt zu fixiren; in der einen Hemisphäre that es Fulton, in der andern Bell.

Da wir über Fulton's grosses, von Napoleon I. so hoch angeschlagenes Dampfschifffahrtsprojekt ganz und gar keine Nachricht von Personen, denen es zur Zeit mitgetheilt worden war, besitzen, so ist es um so mehr zu bedauern, dass Fulton's eigene damalige Notizen nicht besser benützt worden sind als sein Biograph solches zu thun verstand.

Ehe Fulton sich 1804 von Frankreich nach England begab, wo er unter dem angenommenen Namen François Torpedos anfertigte, die zum Gebrauch gegen dieselbe französische Kriegs-Flotille bestimmt waren, welche er kurz zuvor durch Dampfkraft an die englische Küste zu bringen sich erboten hatte, hielt er es für rathsam, all sein Eigenthum zur Sicherheit aus Paris nach Amerika hinüber zu senden.

Durch ein, dem Schiff welches sie führte, zugestossenes Unglück ward seinen Papieren, wie den übrigen Sachen, das Schicksal eine Zeit lang im Meer zu liegen, und man hat sich nachgehends nicht die Mühe gegeben, sie zu dechiffriren.

Ueber die Probefahrt auf seinem 1803 in Gemeinschaft mit Livingston in Paris erbauten Dampfboot ist mir nur ein einziges Zeugniss von Jemand, der sie selbst mitgemacht hat, bekannt.

Es ist von Delamétherie, damals seit drei Jahren Adjunkt-Professor für Naturgeschichte am College de France und von 1785 bis an seinem 1817 erfolgten Tode Redacteur des Journal de physique, de chimie, de l'histoire naturelle et des arts, nicht aber Mitglied des Instituts.

Delamétherie schreibt, man habe mit Fultons Dampfboot, auf welchem er sich mit vielen Andern befand, im Verlauf von mehreren Stunden wiederholte Fahrten auf der Seine von unterhalb der Brücken (die Jena-Brücke existirte damals noch nicht) bis Passy vorbei und zurück gemacht; er fügt hinzu, das Boot sei recht gut gegen Strom gegangen (le bateau retournait facilement et sans éprouver aucune difficulté).

Dieses Zeugniss eines Pariser Gelehrten ist von Werth, weil die britischen Autoren sich erlauben zu sagen, ohne Beweise dafür zu haben, dass Fulton's Versuch mit seinem Boot auf der Seine sehr schlecht ausgefallen sei.

Man druckte noch 1848 in einem viel gelesenen Londoner Journal, er sei für misslungen erklärt worden (the experiment was pronounced to be a failure) und Scott Russel nennt ihn einen miserablen (a wretched trial).

Fulton's Pariser sechsundsechzig Fuss langes und acht Fuss breites Boot war da, wo sich ehedem die sogenannte Schwaneninsel (isle aux Cignes) befand, zwischen Chaillot und Gros-Caillon, also zwischen den beiden „Feuerpumpen (pompes à feu)“ nämlich den zwei, für die zu beiden Seiten der Seine gelegenen Hälften der Stadt Paris Wasser pumpenden Dampfmaschinen, auf dem Fluss mit seiner Maschinerie versehen worden, welche ohne Zweifel in der den Gebrüdern Périer gehörigen und bei der zuerst errichteten, nördlichen „Pompe à feu“ unterhalb Chaillot am jetzigen Quai de Billy befindlichen Maschinenfabrik gemacht worden war.

Auf der Seine waren schon lange zuvor zwei unbedeutende Versuche, Boote durch die Kraft des Dampfes in Bewegung zu setzen, angestellt worden.

Der erste wurde im Jahre 1774 von dem Artillerie-Capitain, Herrn von Auxiron, gebürtig aus Besançon, gemacht, nachdem er seinen Abschied aus dem Militairdienst genommen hatte, um seinem Hang zu technisch nützlichen Beschäftigungen folgen zu können.

Auxiron war früher wie die Gebrüder Périer mit dem Projekt aufgetreten, die Stadt Paris vermittelst Dampfmaschinen mit Wasser zu versehen. Er hatte darüber schon 1765 ein Büchelchen gedruckt und Lavoisier stattete 1771 in der Akademie der Wissenschaften einen Bericht über den Vorschlag ab.

Ein Jahr nach Auxiron, nämlich 1775, stellte Konstantin Périer, der weit mehr Talent für Mechanik als sein mit ihm associirter Bruder besass, auf der Seine den Versuch mit einem Boot, auf welches er eine Dampfmaschine gesetzt hatte, an.

Der Marquis Ducrest, Bruder der Madame Genlis und damals zweiter Colonel im Auvergne-Regiment, der sich viel mit dem Studium der angewandten Mechanik beschäftigte, war von ihm zu der Probefahrt eingeladen worden.

Ducrest liess zwei Jahre später ein schon 1776 geschriebenes Buch über hydraulische Maschinen drucken, in welchem er die Bemerkung machte, dass die Dampfmaschine, die bis zu jener Zeit nur zum Pumpen von Wasser gebraucht worden war, zu gar manchen andern nützlichen Zwecken dienen könne und namentlich zur Fortbewegung von Booten mittels an ihren Seiten angebrachter Ruderräder.

Jetzt muss ich etwas umständlicher von einem Manne handeln, den Frankreich in neuerer Zeit, als es erwiesen war, dass die Dampfschifffahrt zu einem regelmässigen Kommunikationsvehikel zwischen den beiden Hemisphären der Welt dienen könne, geradezu als den Erfinder derselben aufgestellt hat.

Diess ist der Marquis Claude Jouffroy. Gebürtig gleich Auxiron aus der Franche-Comté, war er ungefähr zweiundzwanzig Jahre alt 1772 in ein Infanterie-Regiment eingetreten, ward aber bald wegen einer „affaire d'honneur“ mit seinem Obersten auf zwei Jahre in die Provence geschickt. Hier soll er — sagt sein Biograph — Gelegenheit gehabt haben, die Rudergaleeren zu studiren, wodurch seine Aufmerksamkeit auf Wasserfahrzeuge gerichtet worden sei.

Im Jahre 1775 soll er, als sein Verbannungstermin abgelaufen war, zum erstenmale nach Paris gekommen sein. Nun wird fälschlich gesagt, damals hätten die Herren Périer bereits, zum Erstaunen der Pariser, die famose „Pompe à feu“ zu Chaillot „geschaffen“.

Damals wurde wohl bei uns in Kronstadt „eine Feuermaschine“ zum Pumpen von Wasser errichtet, aber die „Pompe à feu“ zu Chaillot in Paris ward erst sechs Jahre später fertig. Die Kompagnie zur Ausführung des Unternehmens wurde 1776 gebildet.

Ohne Fundament baut nun Jouffroy's Biographie weiter. Sie erzählt, er habe sich durch (Konstantin) Périer Zutritt zu der Maschine (die gar nicht existirte) verschafft, und sei dann ernstlich beflissen gewesen, den neuen Mechanismus zu studiren. Er habe sich bald unter der Menge von Besuchenden durch die Richtigkeit und Gründlichkeit (profondeur) seines Gesprächs bemerkbar gemacht.

Im Angesicht des (gar nicht dagewesenen) neuen Motoren sei er auf die Idee gekommen, dass derselbe vortheilhaft auf Boote und Schiffe anzuwenden sein möchte.

Er habe diese seine Gedanken vor Périer (der bereits ein Dampfboot auf der Seine hatte) laut werden lassen, so auch vor dem Marquis Ducrest (der von Périer zur Probefahrt auf seinem Boote eingeladen worden war) und vor Auxiron, der schon das Jahr zuvor, 1774, ein Dampfboot auf der Seine gehabt hatte.

Diese Herren, heisst es nun, hätten seine Idee nicht nur approbirt, sondern sie hätten sie mit Wärme (ardeur) aufgefasst, als es aber zu einem Versuch gekommen (den wahrscheinlich damals nicht nur Auxiron, sondern alle drei schon gemacht hatten), da wäre eine Spaltung in dem „petit comité“ das auch „assemblée“ und „reunion de savant et d'amis“ genannt wird, entstanden.

Ich übergehe die gar lange nach 1775 erdichteten Aeusserungen dieser Herren, welche darthun sollen, dass Périer damals, 1775, eine von den Jouffroy'schen verschiedene Ansicht gehegt habe. Sie wird Périer aufgebürdet, damit es scheinen möge, sie sei das Motiv, warum er später gegen die Gewährung

eines von ihm bei der Regierung gemachten sogleich zu erwähnenden Gesuches gestimmt habe.

Es wird uns ferner gesagt, dass Jouffroy, da er wohl eingesehen, es werde nicht möglich sein gegen Périer, der den Schutz der Akademie der Wissenschaften genoss (er kam erst 1783 in die Akademie und zwar ohne von ihr gewählt zu sein), etwas auszurichten, sich im folgenden Jahre, 1776, entschlossen habe, zu Baume les Dames auf dem Doubs selbst ein kleines Boot mit einer vom dortigen Schmied verfertigten Dampfmaschine versehen zu lassen. Man kann sich denken was das für ein Dampfboot gewesen sein muss.

Sieben Jahre später, 1783, hatte der Marquis Jouffroy ein grösseres Boot schon mit einer besseren Maschine auf der Saone bei Lyon erbauen lassen. Es gelang ihm am 18. Juli eine Viertelstunde lang gegen den Strom zu fahren, bald nachher soll aber der Dampfkessel schadhaft geworden sein.

Jouffroy schickte eine vom 19. August datirte Bescheinigung dieser Fahrt an den am 3. November ernannten Minister und General-Controleur der Finanzen Herrn von Calonne und bat, ihm ein dreissigjähriges Privilegium für Dampfboote zu ertheilen. Sein Wunsch war, eine Aktiengesellschaft zur Einführung von solchen Booten zu bilden.

Der Minister schickte Jouffroy's Gesuch am 22. November an die Akademie der Wissenschaften und verlangte ihr Gutachten darüber.

König Ludwig XVI. hatte acht Monate früher, am 30. März, ohne eine desshalb gemachte Vorstellung durch den Staats-Secretair Amelot dem Parlaments-Präsidenten und Ehrenmitglied der Akademie, Herrn Bochart de Saron, bekannt als Astronom, anzeigen lassen, dass er für gut finde Konstantin Périer zu einer überzähligen Adjunktenstelle in der Sektion für Mechanik bei der Akademie zu ernennen.

Ihm, Périer, wurde nun zusammen mit Borda Jouffroy's Gesuch zur Beurtheilung übergeben. Sie statteten am 20. December ihren Bericht an die Akademie ab; er ist aber nicht veröffentlicht worden. Im Journal steht als Beschluss der Akademie: man müsse Versuche abwarten (attendre des expériences).

Der Minister Calonne, dem der Beschluss der Akademie zugestellt worden war, schrieb unterm 31. Jänner 1784 an Jouffroy: „Der Versuch mit dem Dampf erscheint nicht genügend. Wenn es Ihnen aber gelingen wird, auf der Seine ein mit dreihundert Milliers befrachtetes Fahrzeug mittels einer Pompe à feu einige Lieues gegen den Strom gehen zu machen und wenn der gute Erfolg dieses Versuches in Paris authentisch so bescheinigt sein wird, dass kein Zweifel mehr über die Vortheile ihrer Einrichtung nachbleiben, so können Sie darauf rechnen, dass man Ihnen ein auf fünfzehn Jahre beschränktes Privilegium ertheilen werde, wie Ihnen solches Herr Joly de Fleury schon früher angezeigt hat.“ Jouffroy muss also vorher schon an Herrn Joly de Fleury, der vor Calonne's Ernennung Finanzminister war, geschrieben haben.

In Folge dieser ministeriellen Schreiben that Jouffroy natürlich nichts.

Er war später (1790) genöthigt sich zu exiliren und nach seiner Zurückkunft nach Frankreich (1796) wurde von ihm auch nichts weiter unternommen. Aber im Jahre 1816, als ein in Schottland gebautes Dampfboot auf die Seine kam, da regte er sich.

Nun wollte er sich als Erfinder der Dampfschifffahrt geltend machen. Es gelang ihm eine Kompagnie zu bilden; er liess sich ein Patent geben, man baute ein Boot, welches im August vom Stapel gelassen wurde und nach dem Grafen von Artois, späterhin König Charles X., den Namen Charles Philippe bekam. Das Unternehmen schlug jedoch fehl. Man hörte nichts mehr von dem Marquis, der in Armuth lebte und im Jahre 1832 seine Tage im Hôtel der Invaliden zu Paris endete.

Acht Jahre nach seinem Tode, nämlich 1840, wurde dieser Marquis Claude Jouffroy in der Pariser Akademie der Wissenschaften für den Erfinder der Pyroskaphen erklärt und im folgenden Jahre (1841) schrieb sein Biograph: Alle bestehenden Dampfschiffe — worunter denn damals auch schon die transatlantischen waren — seien mehr oder weniger „servile“ Kopien des Bootes, welches der Marquis Jouffroy 1783 auf der Saône hatte.“ Er fügt hinzu: „Künftig wird weder Amerika noch England Frankreich die Priorität der Erfindung der Dampfschifffahrt streitig machen. La France en a la gloire.

In Bezug auf Jouffroy habe ich noch eine Angabe als ob Fulton bei seinen Versuchen nicht zugegen gewesen sei, anzusehen. Sie ist der von mir beleuchteten Erzählung Symington's ähnlich; diesesmal

aber kam sie vom verstorbenen beständigen Secretair der Akademie der Wissenschaften im Pariser Institut, Arago.

Er trug im Jahre 1839 — ich befand mich damals in Paris — im Institut vor, er habe von Jemand in Tournus in Bourgogne einen Brief erhalten, dessen Verfasser ihm anzeige, dass er mehrere Schreiben von Fulton's Hand besitze, welche darthun, dass dieser berühmte Ingenieur bei einigen von Jouffroy's Versuchen zugegen gewesen sei.

Den Brief zeigte Arago in der Sitzung der Akademie nicht vor, er sagte er habe ihn verlegt und entsinne sich nicht des Namens der Person, die ihn geschrieben, er hoffe aber, dass der Bürger von Tournus nach seiner, Arago's, damaligen Notiz, wenn veröffentlicht, nicht unterlassen werde, die von ihm aufbewahrten so precieusen historischen Dokumente durch den Druck bekannt zu machen, oder besser sie der Akademie der Wissenschaften zur Prüfung zuzusenden.

Ob und wie der Bürger von Tournus diesen Wunsch Arago's erfüllt hat, ist mir unbekannt, ich muss aber hier bemerken, dass zur Zeit als Jouffroy seinen ersten Versuch mit dem kleinen Boot auf dem Doubs machte, Robert Fulton als eilfjähriger Knabe in Amerika, vielleicht in einer Schule war. Als Jouffroy seinen zweiten Versuch mit einem Boot auf der Saône machte — und dieser muss wohl gemeint sein, denn Tournus liegt an der Saône — war der achtzehnjährige Fulton in Amerika emsig beschäftigt, Portraits und Landschaften zu malen, um sich und seine längst verwitwete Mutter durch diese seine damalige Industrie zu ernähren. Nach Frankreich kam Fulton, wie schon früher erwähnt, erst im Jahre 1797 und er blieb da bis 1804. Während dieser Periode hatte Jouffroy kein Dampfboot, als er aber im Jahre 1816 ein dazu bestimmtes Boot bei Paris vom Stapel laufen liess, da lag der 1808 aus England nach Amerika zurückgekehrte Fulton schon gerade anderthalb Jahre im Grabe.

Die Gebrüder Périer hatten im Jahre 1776 wegen des Planes, Paris durch Dampfkraft mit Wasser zu versehen, bei dem Minister Malesherbes eine Eingabe gemacht. Da Auxiron 1778 gestorben war, so setzten sie jetzt dieses Projekt ins Werk.

Sie brachten eine Kompagnie von Kapitalisten zusammen und Konstantin Périer machte wiederholte Reisen nach Grossbritannien, um sich mit der damals neuesten und besten Konstruktion der Dampfmaschinen bekannt zu machen, auch um von dort her das zum Bau einer solchen in Paris Nöthige anzuschaffen.

Am 8. August 1781 wurde die erste „Pompe à feu“, nämlich die am Quai de Billy, zum erstenmale in Thätigkeit gesetzt.

Im Jahre 1783 hatte Konstantin Périer in der ihm und seinem Bruder gehörigen Maschinenfabrik, ganz nahe bei dieser Pompe à feu, eine Dampfmaschine mit Watt's bis damals nicht lange zuvor gemachten Verbesserungen in Gang gebracht.

Bald darauf kam er auf die erwähnte Weise in die Akademie. Er starb 1818. Delambre, welcher als beständiger Secretair seinen Nekrolog vortrug, erwähnte in demselben wieder eben so wenig wie 1808 in dem Berichte an den Kaiser Napoleon I. etwas von der Anwendung des Dampfes auf Booten und Schiffen.

Ich habe beiläufig daran erinnert, dass wir in Russland, und zwar in Kronstadt, früher eine „Feuermaschine“ zum Pumpen von Wasser gehabt haben, als Paris seine erste „Pompe à feu“ bekam.

Um zwei Uhr Nachmittag am 19. Juni 1777 ist unsere Dampfmaschine in Kronstadt zum erstenmale in Thätigkeit gesetzt worden.

Am 31. Juli 1773 hatte Ihre Majestät die Kaiserin Katharina II. geruht, ein Allerhöchstes Rescript an das Admiralitäts-Kollegium zu erlassen, in welchem Sie anzufragen beliebte, ob das Kollegium Kenntniss von der in England erfundenen Maschine habe, welche vermittelst Feuer aus Docks und Kanälen Wasser weit besser wie andere Maschinen pumpe, und dass diese „Feuermaschine,“ welche fünfzehntausend Rubel koste, nur hundert und achtzig Faden Holz im Verlaufe eines Jahres verbrauche.

Bei unserer Admiralität befand sich damals von 1770 bis Ende 1773 der englische Admiral der weissen Flagge, Baronet Sir Charles Knowles. Er war auf Befehl Ihrer Majestät durch den Vice-Präsidenten des Admiralitäts-Kollegiums, Grafen Iwan Grigorjewitsch Tschernyschew, und die Vermittlung unseres Ministers in London, Herrn von Mussin-Puschkin, eingeladen, mit Zustimmung König Georg III. nach Petersburg gekommen und hatte 1772 auch eine Reise an die Donau gemacht.

Er hatte als seinen Secretair John Robison mitgebracht, welcher, gebildet auf der Universität zu Glasgow, 1759 eine Reise nach Amerika mit Knowles Sohn und 1761—1762 eine andere nach Jamaika mit dem jungen Harrison zur Prüfung des vom Vater des letzteren verfertigten Time Keeper's gemacht.

Von 1762 bis 1770 war Robison wieder in Glasgow bei der Universität. Diese Periode schliesst jene Zeit ein, in welcher dort Black, den er 1766 als Lehrer der Chemie ersetzt hatte, seine wichtige Entdeckung über latente Wärme, und Watt, ohne jedoch von Black geleitet zu sein, die so folgenreiche Anwendung davon auf die Einrichtung der Dampfmaschine machte.

Robison war schon als Student vor seiner Reise nach Amerika mit Watt bekannt gewesen und er wusste alles was Watt seit 1764 in Bezug auf die Dampfmaschine gethan hatte, auch was durch John Smeaton an der durch atmosphärischen Druck wirkenden Newcomen'schen Dampfmaschine für bedeutende Verbesserungen bereits angebracht worden waren, so dass sie 1773 mit Recht für die zum Wasserpumpen geeignetste Maschine galt.

Es war diese Smeaton'sche Dampfmaschine, welche in dem allerhöchsten Reskript Ihrer Majestät gemeint war.

Robison, der sich bei uns auffallend schnell mit der russischen Sprache bekannt gemacht hatte, trug von 1772 bis 1774 im Seecadetten-Corps Mathematik und Mechanik vor, hielt auch Vorlesungen über Physik und über Geometrie in Bezug auf Schiffbau; zuletzt war er ausserdem noch Klasseninspektor. Nach seiner Zurückkehr nach Schottland im Juni 1774 ward er bei der Universität zu Edinburg Professor der Physik.

Admiral Knowles hatte sich wegen einer Smeaton'schen Maschine mit Charles Gascoigne, dem Direktor der Fabrik zu Carron in Schottland, wo eine derselben im Gebrauch war und wo man mehrere gemacht hatte, in Korrespondenz gesetzt, und in Folge des Reskripts Ihrer Majestät wurde im Admiralitäts-Kollegium beschlossen, zum Auspumpen des Wassers aus den Docks und aus dem Kanal — welcher bekanntlich von Peter dem Grossen 1718 Allerhöchst eigenhändig begonnen und 1752 in Gegenwart der Kaiserin Elisabeth zum erstenmale mit Wasser angefüllt worden war, bei welcher Gelegenheit er den Namen Kanal Peter des Ersten bekam — statt der früher gebrauchten, durch Wind oder Pferde bewegten Mechanismen in der Carron-Fabrik eine (Smeaton'sche) Feuermaschine zu bestellen.

Die nach einem von Smeaton gelieferten Plane angefertigte Maschine mit einem Cylinder von sechsundsechzig Zoll und neunthalb Fuss Kolbenhub langte im September 1774 auf dem „Smack Paisley" von Carron in Kronstadt an.

Zu gleicher Zeit waren zehn zur Aufstellung und Ingangsetzung der Maschine bestimmte Personen angekommen. Am genannten Tage im Jahre 1777 pumpte sie zum erstenmale Wasser aus dem Kanal Peters I. Es wurde nicht Holz sondern Steinkohle aus Newcastle zur Feuerung angewendet; das Pud kostete neun Kupferkopeken.

Ueber diese Dampfmaschine, welche in der Fabrik zu Carron gemacht worden ist, wo später Symington die Maschinen zu seinen Dampfbooten von 1789 und 1802 anfertigte, die man als die Vorläufer der jetzt zahllosen Menge von Dampfschiffen verbreitet in der ganzen Welt ansehen muss, sind bei uns unrichtige Nachrichten gedruckt worden.

Swinin sagt in der Beschreibung von St. Petersburg und seiner Umgebung, welche, damit sie auch Ausländern dienen könne, in zwei Sprachen, russisch und französisch, gedruckt ist: Die 1775 aus England verschriebene Dampfmaschine in Kronstadt wäre eine nach Boulton's System gemachte und sei eine der allerersten, die er erfunden habe. — Boulton hat keine Dampfmaschine erfunden und es gibt kein „Boulton'sches System."

Watt hatte bereits 1765 in Glasgow seine ersten Verbesserungen im System der damaligen Dampfmaschine nach und nach ersonnen, es fehlten ihm aber die Mittel sie auszuführen und er musste sich anderweitig beschäftigen.

Im Jahre 1768 war er mit dem Begründer der Fabrik zu Carron, Dr. Roebuck, bekannt gemacht worden, welcher ihn wünschte als Ingenieur bei den Kohlengruben zu Kinneil unweit Carron, die er rentirte, zu gebrauchen. Watt machte hier eine kleine Dampfmaschine mit einem achtzehnzölligen Cylinder aus Zinn, bloss um seine eigene Idee zu prüfen. Ein damit angestellter Versuch berechtigte zu grossen Erwartungen. Es wurde in Watt's Namen, Anfangs 1769, ein

Patent erhoben; Roebuck sollte einen beträchtlichen Theil am Gewinn der zu begründenden neuen Industrie haben.

Ehe noch eine Maschine im Grossen gemacht werden konnte, waren Roebuck's Finanzen so zerrüttet, dass es ihm nicht möglich war Watt fernere Mittel zu reichen. Dieser hatte sich daher nach anderwärtiger Hülfe umzusehen. Im Jahre 1773 wurde er mit Matthew Boulton, dem Besitzer einer grossen Fabrik metallener Sachen zu Soho bei Birmingham, bekannt gemacht und bald darauf war er mit ihm associirt. Boulton kaufte Roebuck's Antheil am Patentrecht.

Man suchte von Soho aus zuerst beim Parlament um eine Verlängerung des 1769 Watt ertheilten aber unbenutzt verbliebenen Privilegiums an und nachdem 1775, einer starken Opposition ungeachtet, die Dauer des Patentes bis 1800 zugesprochen worden war, schritt man ernstlich zur Fabrikation von Dampfmaschinen nach Watt's ursprünglichem Patent.

Die erste zu Soho angefertigte und für die Fabrik selbst bestimmte Maschine wurde während der Zeit fertig, dass man in Kronstadt mit Aufstellung der Smeaton'schen Maschine beschäftigt war, und erst nach Vollendung und Ingangsetzung dieser letzteren wurden von Soho aus Watt'sche Maschinen, meistens zum Pumpen von Wasser aus Minen geliefert.

So viel zum Beleg, dass unsere Kronstadt'sche Maschine nicht aus der Fabrik von Boulton und Watt kam.

Ich habe bereits in Erinnerung gebracht, dass im Jahre 1780 die kaiserliche Akademie der Wissenschaften, als sie einen Preis für die beste Abhandlung über die Theorie der Dampfmaschine aussetzte, die Hoffnung aussprach, diese Maschine werde zu weit bedeutenderer Anwendung als damals der Fall war, dienen können.

Nun hat es sich zufällig so gefügt, dass gerade um jene Zeit die Dampfmaschine die vervollkommnete Einrichtung erhielt, welche sie so allgemein anwendbar machte.

Besonders nützlich war, dass ausser der zum Heben von Wasser genügenden geradlinigen nun auch drehende Bewegung direkt bewirkt werden konnte.

Da begannen dann durch die Dampfmaschine gedrehte Räder in Fabriken die verschiedenartigsten technischen Arbeiten zu betreiben; da wurde es möglich durch die Kraft des Dampfes Flüsse und Meere zu beschiffen, so wie auch auf Eisenschienen schnell zu fahren.

Wir in Russland waren durch die Kronstadt'sche Feuermaschine mit der Fabrik zu Carron, wo die Maschinerie für die beiden ersten grösseren Dampfboote in Schottland gemacht worden ist, in Verkehr gekommen, und im April des Jahres 1786 langte der dort Direktor gewesene Charles Gascoigne in Kronstadt an, von wo er sich alsdann im Juli nach Petrosawodsk begab.

Wäre er vier Jahre später von Carron abgegangen, so wäre Symington's Maschine für Miller's grosses Dampfboot unter seiner Direktion gemacht worden und er hätte dann die Fahrten auf demselben mitgemacht, was nun sein Nachfolger Joseph Stainton that. Von den eilf Personen, die mit Gascoigne von Carron nach Petrosawodsk kamen, erinnere ich hier nur an den 1843 in St. Petersburg verstorbenen Charles Baird, welcher die ersten Dampfboote in Russland und zwar zu Fahrten zwischen St. Petersburg und Kronstadt, gebaut hatte.

Als Peter der Grosse die Begründung der Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg beschlossen hatte, war einer der ersten zum Mitgliede derselben erwählten Gelehrten Daniel Bernouilli.

Er war schon am 8. November 1725 aus Basel zu uns gekommen, wohnte daher am 27. December der Eröffnung der Akademie, so wie am 12. August 1726 der feierlichen Einweihung in Gegenwart der Kaiserin Katharina I. bei und verblieb in St. Petersburg bis zum Jahre 1733, da dann sein ihm 1727 zu uns gefolgter Landsmann Leonhard Euler seine Stelle einnahm.

Während seiner Anwesenheit bei uns schrieb Bernouilli neben vielem anderen sein Werk: Hydrodynamica, dessen Druck erst Anfangs 1738 zu Basel beendigt wurde, und welches er, des Präsidenten der Akademie Baron Korff's Gutbefinden zufolge, dem damals neu erwählten Herzog von Kurland, Ernst Georg von Biron zueignete.

In diesem Werke führt er im letzten Kapitel an, dass ein Boot durch an seinem Hintertheil unter dem Wasserspiegel ausströmendes Wasser nach Art einer Rakete vorwärts getrieben werden könne.

Zur Zeit als Bernouilli in St. Petersburg an seiner Hydrodynamik arbeitete, hatte Dr. John Allen in England sowohl dieses Mittel als das: Wasser durch eine Feuermaschine zu heben, sich patentirt und beschrieben.

Bernouilli erinnerte wieder an diese Propellirungsmethode in seiner 1753 von der Pariser Akademie der Wissenschaften gekrönten Preisschrift über die vortheilhafteste Methode grosse Schiffe unabhängig vom Wind vorwärts zu bewegen. Er war jedoch der Meinung, dass die Menschen, welche zum Heraufpumpen des Wassers ins Boot gebraucht werden, keine grössere Wirkung hervorbrächten, als wenn sie ruderten.

Desagulier hatte bekanntlich die erste seiner modificirten Savery'schen Maschinen, Wasser ohne Pumpen zu heben, 1718 für St. Petersburg gemacht. Bernouilli schlug aber weder diese noch eine andere Feuermaschine vor.

Ich werde weiterhin zeigen, wie es sich gefügt hat, dass das zuerst am Ufer der Newa von Bernouilli über diesen Gegenstand Geschriebene ein halbes Jahrhundert nach der Veröffentlichung durch von Franklin gemachte Zusätze Anlass gab, die Entwicklung der auf dem Delaware und auf dem Potomac in Amerika beginnenden Dampfschifffahrt zu hemmen.

Kurz vor der Beendigung des Druckes von Bernouilli's Werk war in London Jonathan Hull's Beschreibung seines patentirten Vorschlags, wie ein Boot mittels Dampf- und Ruderrädern vorwärts bewegt werden möge, erschienen. Da Hull aber selbst kein Fahrzeug mit durch Dampfkraft gedrehten Rädern ausführte, so blieben seine Ideen unbeachtet.

Claude Jouffroy's Boot von 1783 hatte keine Ruderräder, sondern es wurde durch sich horizontal im Wasser dahin bewegende Ruderschaufeln vorwärts getrieben. Diesen Versuch hat Bernouilli nicht erlebt; er war das Jahr zuvor, 1782, zu Basel gestorben.

Vom Beginn der Dampfschifffahrt in Amerika muss ich hier um so mehr handeln, da die beiden ersten Erbauer von Dampfbooten daselbst einige Zeit nachher nach Europa kamen.

Zugleich wird es Pflicht mehrere nicht nur in Europa sondern auch in Amerika dem Publikum vorgelegte irrige Angaben zu berichtigen.

Der in New-York im Columbia College über Experimental-Physik und Chemie vortragende Professor Renwick, welcher Geschichtliches über die Dampfschifffahrt gedruckt hat, sagt: die beiden ersten Dampfboote in Amerika wären im Jahre 1783 angefangen worden zu bauen, und in seiner Biographie Fulton's gibt derselbe Professor, indem er früheren Autoren nachschreibt, sogar an, das erste Dampfboot wäre schon im Jahre 1783 probirt worden.

Hätte das erste Dampfboot auf dem Delaware wirklich schon 1783 eine Fahrt gemacht, so hätte der dazumal in Philadelphia wohnende Fulton davon Kenntniss bekommen müssen. Fulton steht noch im Philadelphier Adressbuch für 1785 als Portraitmaler mit Bezeichnung seiner Wohnung daselbst. Im Jahre 1786 reiste er nach England, um sich dort als Maler auszubilden.

Wir werden sehen, dass das erste Dampfboot in Amerika im Jahr nach seiner Abreise, nämlich 1787, ungefähr anderthalb Jahre vor dem von Symington für Miller zu Dalswinton in Schottland eingerichteten fertig war.

Die allgemeine Encyclopädie der Wissenschaften und Künste von Ersch und Gruber gibt, verleitet von Munke in Gehlers physikalischem Wörterbuch, irrig an, Franklin habe „schon im Jahre 1775 in einem Brief an Leroi die Idee Schiffe vermittelst einer Dampfmaschine zu bewegen, geäussert."

Wäre dieses begründet, so hätte Franklin der Dampfmaschine in dieser Beziehung zehn Jahre früher Erwähnung gethan, als man wirklich in Amerika Schritte that, sie zur Bewegung von Booten anzuwenden.

Die von Munke gemeinte Schrift Franklin's wurde aber von diesem nicht 1775, sondern erst zehn Jahre später und namentlich am 2. December 1785 der von ihm 1743 zu Philadelphia gegründeten „Amerikanischen philosophischen Gesellschaft zur Verbreitung nützlicher Kenntnisse" vorgelegt.

In diesem Memoire wird die Dampfmaschine keineswegs als direkter Motor für Schiffe, so wie man sie jetzt zum Drehen von Schaufelrädern oder Propellern anwendet, vorgeschlagen. Franklin sagt: Unter den verschiedenen Mitteln einem Boote Bewegung zu geben, erscheint das von Bernouilli als „eines der sonderbarsten." Diesen Ausdruck gebrauchte Bernouilli selbst in der Preisschrift. An Euler hatte er bald nach

Erscheinung seiner Hydrodynamik geschrieben: „Sie ersehen, dass ich meine neue Navigationsidee noch nicht verlasse. In jedem Falle bin ich versichert, dass diese Disquisitionen aufs wenigste in Theorie gefallen werden. Ich verspreche keine grössere Wirkung vom Heben des Wassers als vom Akt des Ruderns, aber vielleicht eine gleiche.“

Franklin, der wie mancher Andere, Bernouilli's Angabe für etwas mehr Praktisches hielt, machte die Bemerkung, es möchte am Besten sein, das Wasser vorn am Schiffe einzusaugen, unterlässt jedoch auch nicht hinzuzufügen, es müsste berechnet werden, ob die Arbeit solchen Pumpens geringer sei als die des Ruderns. Dann folgt am Schlusse des Satzes, vielleicht später hinzugeschrieben: „Es ist möglich, dass eine Feuermaschine in einigen Fällen zu dieser Operation (nämlich zum Heben des Wassers) mit Vortheil angewendet werden könne.“

Muncke irrt ferner, wenn er in Gehler's Wörterbuch schreibt: „Da von Franklin 1775 die Dampfmaschine als Motor für Schiffe vorgeschlagen worden ist, so hat dies vielleicht dazu gedient, dass diese Aufgabe in Amerika besonders berücksichtigt wurde, denn man hat dort und in Frankreich derselben die meiste Aufmerksamkeit geschenkt.“

Hierauf habe ich zu bemerken, dass nicht nur vor der erwähnten am 2. December 1785 gemachten Mittheilung von Franklin's Memoire, sondern als er noch in Frankreich war, John Fitch und auch James Rumsey in Amerika dem Dampfbootprojekt ihre Aufmerksamkeit gewidmet hatten.

John Fitch, dessen von seiner Hand dem damaligen Gouverneur von New-Jersey, William Livingston, zugeeignete Beschreibung ich vor mir habe, war seit dem Frühjahr 1785 mit dem Plan, ein Dampfschiff zu bauen, beschäftigt gewesen. Im Juni und Juli liess er ein Modell und Zeichnungen dazu anfertigen, welche er am 29. August dem Kongress vorlegte.

Damals war der aus Frankreich nach Amerika zurückkehrende Franklin noch auf der See; er langte erst am 12. September in Philadelphia an.

Fünfzehn Tage später, am 27. September, legte Fitch der amerikanischen philosophischen Gesellschaft in einer Sitzung sein Modell, seine Zeichnungen und seine Beschreibung vor, und in der Sitzung am 2. December, in welcher Franklin's Memoire vorgetragen wurde, brachte Fitch der Gesellschaft eine Zeichnung nebst Beschreibung seiner Dampfbootmaschinerie zum Geschenk dar.

Das hier von mir Angeführte beweist, dass Franklin nicht, wie in Deutschland glauben gemacht worden ist, die Dampfschifffahrt in Amerika eingeleitet habe.

Fitch hatte im Gegentheil schon am 12. Oktober (1785), also beinahe zwei Monate vor der Mittheilung von Franklin's Memoire, an diesen einen Brief geschrieben, welcher zeigt wie richtig er, Fitch, die Wichtigkeit der Anwendung von Dampf für Schifffahrt beurtheilte.

Fitch sagte zu Franklin: „Es ist ein Gegenstand erster Grösse nicht nur für die Vereinigten Staaten, sondern für alle maritimen Länder der Welt. Er habe die Ueberzeugung, es werden durch Dampf der Ocean sowohl als die Flüsse beschifft werden. Die Dampfkraft sei besonders nützlich für Passagierschiffe (1791 schrieb er: auch für Kriegsschiffe). Man werde gegen den heftigsten Sturm angehen können und nicht der Gefahr ausgesetzt sein, an eine Küste geworfen zu werden u. a. m. Die beinahe alles vermögende (omnipotent) Kraft des Dampfes, welche seine Maschinerie in Bewegung setze, so wie die einfache, leichte und natürliche Weise wie durch sie „die Schraube oder die Ruderschaufeln gedreht werden (bywhich the screws or paddles are turned), um statt der Ruder zu dienen, berechtigen zu diesen grossen Erwartungen.

Fitch hat also schon 1785 die Schrauben vorgeschlagen, auch scheint er wirklich anfänglich Ruderräder an der Seite des Bootes ausser der Schraube am Hintertheil gehabt zu haben. Durch einen der später mit ihm associrt gewesenen Herren, Henry Voight, soll er, was zu bedauern ist, beredet worden sein, die Räder durch Schaufeln mit langen Stielen zu ersetzen. Wahrscheinlich gab Fitch seine Schaufelräder auf, weil Franklin in seinem Memoire sagt, solche Räder werden oft versucht aber immer wieder verworfen. Sein Dampfboot, genannt „Perseverance“, das erste mit einem Namen, machte am 1. Mai 1787 eine erste Exkursion auf dem Delaware.

Rumsey will ebenfalls während des Sommers von 1785 ein Boot haben bauen und im Herbst die Maschinerie dazu machen lassen; sein Boot kam aber erst am 3. December 1787 auf dem Potomac in Gang.

Da Rumsey schon vor 1785 Boote mit mechanischen Vorrichtungen, aber ohne Dampfmaschine, einzuführen ver hatte und da die von ihm erwähnte Maschinerie zu andern Zwecken bestimmt sein konnte, so bleibt man in Ungewissheit über die Zeit, zu welcher er sich wirklich entschloss ein durch Dampfkraft in Bewegung gesetztes Boot einzurichten.

Franklin konnte nach seiner Ankunft in Amerika durch die vorgefundene Thätigkeit Fitch's und Rumsey's im Combiniren von Dampfbootmodelen verleitet worden sein in dem Memoire, welches er am 3. December der philosophischen Gesellschaft vortrug, das bemerkte Anhängsel wegen einer Feuermaschine zu machen.

Er hatte diese während seiner zwischen dem 27. Juli und dem 12. September ausgeführten Seereise von Europa nach Amerika ausgearbeitete und vom August datirte Schrift an Le Roy in Paris gerichtet. Er meinte David Le Roy, den Architekten, nicht wie in den Transactionen der Gesellschaft in Philadelphia gedruckt wurde, Alphonse, wie der 1816 in Paris ermordete Accoucheur hiess. Mit David Le Roy war Franklin lange befreundet gewesen und er hatte sein nach dem Studium der Schiffe des Alterthums wie er glaubte verbessertes Fahrzeug vor der Abreise nach Frankreich gesehen.

Franklin hatte der Dampfmaschine weder in England noch in Frankreich eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Es ist wahr, er verliess England gerade in dem Jahre (1775), in welchem Boulton und Watt in Soho erst begannen zu arbeiten und wo auch bei uns in Kronstadt nur erst eine Smeaton'sche Maschine aufgestellt wurde.

Aber während seines Aufenthaltes in Frankreich, vom December 1776 bis Juli 1785, hatte Franklin die Gelegenheit Dampfmaschinen zu untersuchen, so zu sagen vor der Thür: Er wohnte zu Passy bei Paris und fuhr daher jedesmal, wenn er die Stadt besuchte, bei der Gebrüder Périer Maschinenfabrik und bei der von ihnen 1778 begonnenen und 1781 vollendeten Pompe à feu, die damals so grosses Aufsehen erregte und von gar vielen besucht wurde, dicht vorbei.

In demselben Jahre, 1781, hatte die Pariser Akademie, deren Mitglied Franklin seit 1772 war, von dem bis das Jahr zuvor zu Alais am Gardon, einem Zufluss der Rhone, Kanonikus gewesenen Etienne d'Arnal einen Bericht über seinen Versuch mit einem durch Dampf bewegten Boote erhalten, so wie ihr auch Ende 1783 eine Auskunft über Jouffroy's auf der Saône gemachten Fahrt zukam, welche, wie schon früher bemorkt, Konstantin Périer übergeben wurde, der kurz zuvor auf Verordnung König Ludwigs XVI. in die Akademie aufgenommen war. Hätte Franklin ihn und sein Etablissement mit seinem Besuche beehrt, so würde er vielleicht von diesem Périer über die (1774 und 1775) von ihm selbst und von Auxiron dort auf der Seine angestellten Dampfbootversuche etwas gehört haben.

Franklin hatte aber keine besondere Hinneigung zu diesem Fach der Technik. Sein Lieblingsstudium blieb immer die Elektricität; der Luftschifffahrt widmete er einige Aufmerksamkeit Bloss einmal, am 24. Oktober 1788, schrieb er an Ingenhouss wegen der Dampfschifffahrt folgende ziemlich trockene Notiz: Wir haben gegenwärtig hier nichts neues Physikalisches, ausser dass ein durch Dampf bewegtes Boot auf unserem Fluss sich selbst gegen den Fluthstrom rudert. Man glaubt die Einrichtung so vereinfachen und vervollkommnen zu können, dass sie allgemein nützlich werde."

Das von Franklin hier gemeinte Dampfboot war Fitch's „Perseverance." Obgleich es schon im Mai 1787 ein Paar Exkursionen gemacht hatte, so war es doch seitdem wegen Veränderungen an der Maschinerie und aus anderen Ursachen nicht im Gang gewesen. Aber am 12. Oktober 1788, zwölf Tage vor Franklin's Brief an Ingenhouss, hatte es angefangen zwischen Philadelphia und Burlington, eine Strecke von etwa zwanzig Meilen, Fahrten zu machen.

Mehrere Staaten ertheilten Fitch Privilegien. Er hatte aber durch Rumsey's Einfluss viel zu leiden, weil dieser als Konkurrent aufgetreten war, obgleich es scheint, dass er lange nicht wusste, was für einen Mechanismus er für sein Boot annehmen solle. Da er eine von Fitch's Einrichtung verschiedene angeben musste, um bei den Regierungen wegen Privilegien einkommen zu können, so entschied er sich für den von Franklin in seinem Memoire erwähnten Wasserpumpapparat, der ihm übrigens schon früher bekannt sein mochte.

Ich habe immer geglaubt, dass Rumsey dieses gethan hat, um Franklin's Protektion zu gewinnen, und jetzt

bin ich in dieser meiner Meinung bestärkt, denn ich finde, dass im Frühjahr 1788 in Philadelphia eine Rumsey'-sche Gesellschaft (Rumseian Society) gebildet wurde, welche unternahm für Rumsey Privilegien auswirken zu helfen. Diese Gesellschaft bestand aus nicht weniger als fünfundzwanzig Personen und an der Spitze der Liste steht: His Excellency Benjamin Franklin, Esqn.

Die Gesellschaft war kaum gestiftet, als Rumsey, nachdem er Franklin seine Aufwartung in Philadelphia gemacht hatte, im Mai mit Empfehlungsbriefen nach England abreiste. In Amerika liess er den Mechaniker Joseph Barnes, der ihm die Maschinerie besorgte, als Bevollmächtigten und Betreiber von Prozessen gegen Fitch zurück und dieser, unterstützt von Mitgliedern der Rumsey'schen Gesellschaft, quälte den armen Fitch so sehr, dass sein Dampfboot-Unternehmen statt vorwärts zu schreiten ins Stocken kam.

Es ergibt sich also, dass Franklin's Erwähnen der Bernouilli'schen „sonderbaren Idee" in Verbindung mit einer Dampfmaschine, worauf sie nicht berechnet war, und sein Abrathen vom Gebrauch der Schaufelräder Veranlassung gegeben hat, die durch Fitch's Genie und Thätigkeit begonnene Dampfschifffahrt in ihrer Entwickelung aufzuhalten.

In England nahm Rumsey schon im November 1788 ein Patent, ein zweites aber im Jahre 1790. Er lernte dort Fulton kennen. An seinem Boot mit der Pumpe arbeitete er sehr lange und als es endlich 1793 auf der Themse probirt werden sollte, starb er.

Nach Rumsey's Tode machte James Linaker in England vielfältige Versuche mit ähnlichen Wasserpumpbooten, die aber zu keinem guten Resultat führten.

Fitch, der theils durch die Rumsey'sche Opposition, theils durch Hindernisse und Unglücksfälle verschiedener Art in Amerika ganz unthätig geworden war, reiste, obgleich er 1791 das Privilegium für die Vereinigten Staaten bekommen hatte, 1792 nach Frankreich; ein dortiger amerikanischer Konsul Aaron Vail zu L'Orient wollte ihm behülflich sein, daselbst Dampfboote einzuführen. Es waren aber Verhältnisse eingetreten, die das Unternehmen vereitelten. Wegen des damaligen Zustandes der Dinge in Frankreich ging Fitch bald nach England hinüber, wo er ebenfalls Fulton sah.

Er liess 1793 in London ein auf Schifffahrt Bezug habendes Traktätchen drucken, da er aber keine Unterstützung fand und ganz von Mitteln entblösst war, so kehrte er 1794 nach Amerika zurück.

In einem der Zimmer der historischen Gesellschaft in New-York befindet sich das vor einigen Jahren von John Hutchings angefertigte Modell eines achtzehn Fuss langen Dampfbootes, welches Fitch 1796 hier angefertigt haben soll, wobei dieser Hutchings als Knabe behülflich gewesen sein will.

Das Modell war mir interessant, weil ich an demselben die in Fitch's Brief an Franklin vom 12. Oktober 1785 erwähnten Ruderräder an den Seiten und hinten die Schraube vorfand. Aber Hutching's von vielen bescheinigte Beschreibung enthält höchst auffallende Unrichtigkeiten, z. B. Fulton, der damals in Europa war, soll mit Livingston zusammen auf dem Boot gefahren sein; er ist sogar bildlich dargestellt. Vielleicht machte Fitch dieses Boot, um zu zeigen, wie sein ursprünglicher Plan gewesen war, weil Robert R. Livingston jetzt ein Privilegium zu bekommen wünschte.

Der unglückliche Fitch zog nach Kentucky, wo er 1789 starb; man weiss nicht recht unter welchen Verhältnissen. Die Stelle, wo er begraben wurde, soll durch keinen Stein bezeichnet sein, wenigstens war sie es vor einigen Jahren nicht. Er verdient ein Monument, sei es auch nur ein ganz einfaches.

Ueber das Wirken dieses genialen Mannes und über seine vielen Widerwärtigkeiten in Amerika wäre hier nicht der Ort mehr zu sagen. Er hat sein Hauptleiden selbst sehr bündig geschildert. Es gibt, sagt er, zwei Uebel, die auf einen Mann von Gefühl äusserst peinigend wirken. Das eine ist eine ungestüme Frau und das andere: Dampfboote erfinden. Ist nun ein Mann von beiden gequält, so muss er als der unglücklichste Mensch auf der ganzen Welt angesehen werden.

Die in England gemachte Bekanntschaft mit den beiden Landsleuten Fitch und Rumsey hat höchst wahrscheinlich Fulton den Anlass gegeben, dass er unterm 30. September 1793 an Lord Stanhope wegen des Gebrauchs von Dampf auf Booten schrieb, und dass er desselben auch 1796 in seiner Abhandlung über Kanalbau erwähnte.

Der so vielerlei auffassende und versuchende Fulton hatte zwei Jahre vor seinem Auftreten mit dem

unterseeischen Kriegführungsprojekt und vier Jahre bevor er, unterstützt von Robert R. Livingston, sein Dampfboot auf der Seine baute, nämlich 1799, in Paris das erste Panorama nach dem Londoner Vorbilde, und zwar durch ein Patent geschützt, eingerichtet.

Man scheint 1804 nicht haben glauben zu können, dass ein Mann, der von Profession ein Maler war, ein wirklich zum Gebrauch taugendes Dampfboot zu liefern im Stande sei. Es hat sich aber so herausgestellt, dass Fulton 1807 auf dem Hudsonfluss in Amerika zuerst praktisch und unwiderlegbar beweisen konnte, Fitch's Vorgefühl und Symington's Hoffnungen seien ganz richtig gewesen und der Dampf sei im Stande das zu bewirken, was die Pariser Akademie für unmöglich gehalten hatte.

Bell, dessen Thun in Bezug auf die Einführung der Dampfschiffahrt in Europa ich jetzt zu beschreiben habe, stand in Bezug auf Bildung im Allgemeinen tief unter Fulton. Er hatte nicht nur keine physikalische Wissenschaft gehörig studirt, sondern es fehlten ihm sogar jene Kenntnisse, welche gewöhnlich in Schulen erworben werden. Er konnte nicht eine Zeile richtig schreiben. Ich besitze seinen unbeendeten Lebenslauf, von ihm selbst nicht lange vor seinem Tode aufgesetzt; es ist aber ein so sonderbares Produkt, dass ich nicht wohl viel daraus citiren darf.

Geboren war Henry Bell 1767 zu Torphichen in Linlithgowshire in Schottland. Nachdem er zwei Jahre in einer Schule gewesen war, lief er aus derselben weg und vermiethete sich auf den Feldern als Hüter des Viehes. Zwei Jahre später ward er doch wieder in eine Schule, und zwar nach Falkirk geschickt, wo er Arithmetik gut gelernt haben will. Dass man ihm aber keine Grammatik beibringen konnte, davon schiebt er die Schuld auf die früheren Lehrer.

Mit zwölf Jahren ward er Maurerlehrling, dann kam er zu einem Zimmermann und Mühlenbauer, darauf zu Schiffsbauern in Boness, nachher zu einem Ingenieur, der nicht genannt wird (es war James Inglis zu Bellshill), und endlich zu John Rennie in London, der nicht lange zuvor daselbst die viel besprochenen Dampfmahlmühlen, genannt Albion Mills, erbaut hatte. Nun will Bell eine Reise ins Ausland gemacht haben, er sagt aber nicht wohin.

Nach Schottland zurückgekehrt, beschäftigte er sich mehrere Jahre lang mit allerhand Bauten und mit der Aufstellung von Maschinerien in Fabriken, vorzüglich in Zitzdruckereien, Bleichereien und Färbereien.

Unter anderem hatte er unterhalb Dumbarton am Levenfluss das Trocknen der nassen Zeugstücke mittels kupferner, heissen Dampf haltender, horizontaler Cylinder (er schreibt: horsenantle silenders), über welche die Zeugstücke passiren, so wie auch den Walzendruck eingeführt.

Man machte ihm drei verschiedene Prozesse wegen Usurpirung von Patentrechten im Gebrauch von Maschinen; er wusste diese Prozesse zu gewinnen.

Die letzte Kattunfabrik am Leven, auf welcher er vor seinem Dampfboothan als „Engineer" gebraucht wurde, war die der Herren Kibbel, Forster & Comp. unweit Bonhill. Ich habe diese Fabrik 1815 besucht und für ihre Zeit recht gut eingerichtet gefunden.

Bell schreibt: Man wird wünschen zu wissen, wie es kam, dass ich mit so vielen neuen Verbesserungen beschäftigt sein konnte. Die Antwort ist: ich hatte Professor Anderson's Vorlesungen über Mechanik gehört. (Dieser 1796 verstorbene Dr. John Anderson hat das seinen Namen führende Lehrinstitut in Glasgow durch ein Legat gegründet.)

Dann will Bell zeigen, dass ihm auch das Wort Chemie nicht unbekannt sei und sagt: Anderson habe ihm angerathen Vorlesungen darüber zu hören. Die Worte sind: He sett me to atend Cemestray (das soll Chemistry, Chemie sein) and by it I gained a nalige (knowledge) what meshine was wanted much first in the prosses (process) of Bleatchen (bleaching) second in the Prosses of Callagow (Callico) printing third in the prosses of turkey reed (red) Daying (dying) and other cullers (colours) etc.

Bell hatte also Chemie, angewendet auf Maschinenbau, studirt.

Davon, dass er für Fulton auf dem Charlotte Dundas-Dampfboot bei Symington den Bau solcher Boote zu erlernen gesucht hat, meldet er in seiner Biographie nichts.

Es scheint, dass Bell, als er von des Baron Dundas im Jahre 1800 gefassten Planes wegen eines Dampfbootes auf dem Forth- und Clyde-Kanal hörte, das Wesentliche der Idee zu seinem Vortheil zu nützen

wünschte, denn er hat in der Folge wiederholt geäussert, dass er im Jahre 1800 der Admiralität in London vorgeschlagen habe, den Gebrauch von Dampf als Bewegkraft auf Schiffen einzuführen.

Es ist ganz natürlich, dass dieser Vorschlag ohne alle Berücksichtigung bleiben musste, denn Bell konnte damals auf nichts von ihm in Bezug auf Dampfschifffahrt praktisch Ausgeführtes hinweisen.

Im Jahre 1803, also wohl nachdem die Forth- und Clyde-Kanal-Kompagnie beschlossen hatte, keinen Gebrauch von dem Dampfboote, welches Symington in Folge von Lord Dundas Vorschlag gebaut hatte, zu machen, will Bell abermals der Admiralität einen, wie es wieder nicht anders sein konnte, erfolglosen Vorschlag wegen Einführung von Dampfschiffen gemacht haben.

Er erzählt auch mit viel Umständlichkeit, dass er nach Soho gereist war, dort mit Watt über Dampfboote gesprochen, dieser ihm aber den Rath gegeben habe, sich nicht mit dem Projekt, welche zu bauen, abzugeben.

Man hat über Bell sowohl in Grossbritannien als in Amerika viel Unrichtiges gedruckt. Nicht nur hat man ihn in einem dem britischen Parlament im Jahre 1816 vorgelegten Bericht nach Amerika reisen lassen, was ganz unbegründet ist, sondern in der Biographie Fulton's vom schon erwähnten Professor Renwick ward noch 1838 gesagt, dass unter den Arbeitern, welche mit der für Fulton's erstes Dampfboot bestimmten Watt'schen Maschine aus Soho 1806 hierher gekommen waren, einer Namens Bell gewesen sei. Dieser habe sich nach Vollendung seines Geschäftes nach Europa zurückbegeben und da Fulton's Versuch in Amerika gut ausgefallen, so habe man diesen Bell gebraucht, um ein Dampfboot zu bauen, was er aber erst im Jahre 1812 gethan habe.

Eine ähnliche erdichtete Erzählung über Bell's Kommen von Soho nach Amerika findet sich im dritten Band der New-York-Review bei Gelegenheit einer Recension von Dr. Lardner's Buch über die Dampfmaschine. Der ungenannte Verfasser ist wieder der Professor Renwick.

Hier wird noch hinzugefügt, dass Bell's Maschinerie auf seinem Boot eine genaue Kopie von der Fulton's gewesen sei, einige kleine Abänderungen, welche bezeichnet werden, ausgenommen, und diese Konstruktion sei nachher allgemein auf den britischen Dampfbooten geworden. Da sie nun verschieden von Stanhope's, von Miller's oder Symington's und auch von den später von Fulton angenommenen sei, so ergebe sich daraus, dass die britische Dampfschifffahrt sich nicht aus den ersten in Grossbritannien gemachten Versuchen entwickelt habe, sondern dass sie nach Fulton's Plan von 1807 modellirt worden sei.

Diese falsche Aussage des Professors Renwick ist in Amerika geglaubt worden, weil er 1815 selbst in Grossbritannien war und erzählte, er habe Bell's Boot untersucht. Ich werde aber weiterhin darthun, dass er Bell's Boot gar nicht gesehen, sondern ein anderes, später gebautes Dampfboot dafür gehalten hat.

Die auffallendst unrichtige Erzählung von Henry Bell's Thun in Bezug auf die Einführung der Dampfschifffahrt in Europa wurde in Schottland nicht weit von den Orten seiner Thätigkeit gedruckt.

In dem „Edinburgh Journal“ der Herren Chambers für 1839 steht: Bell habe schon im Jahre 1800, also vor dem Bau des Bootes Charlotte Dundas, auf der Clyde ein Dampfboot eingerichtet und sei mit demselben um Lands-End herum — also aus dem Clydeforth heraus in die See und in derselben längs der Westküste Englands um seine südwestliche Spitze hinab nach links in den Kanal und dann — zur Themse gefahren. Es wird sogar die Schnelle bezeichnet, nämlich sieben bis acht Meilen in der Stunde.

In London soll Bell dieses (erdichtete) Dampfboot vielen zur Marine gehörigen Personen gezeigt haben. Alle sollen der Meinung gewesen sein, die Erfindung sei eine unnütze, ausser Lord Melville (er hiess damals noch bloss Henry Dundas, den Lordstitel bekam er am 24. December 1802) und Lord Nelson. Des Letzteren empfehlende Worte werden angeführt; er war aber bekanntlich 1800 im Süden Europas und kam erst im November mit Sir William und mit der Lady Hamilton aus Italien nach England.

Diese Erzählung, die auch in andere Journale überging, ist aus zwei Notizen Bell's zusammengedichtet. An einem Orte sagt er, er habe im Frühjahr 1800 einen Dampfkessel und eine Maschine in ein Boot gesetzt und abnehmbare Ruderräder damit in Verbindung gebracht; weiter aber nichts. Vielleicht hatte dies etwas mit des Capitain Schank's vorläufigen Versuchen zum Vorschlag eines Bootes für den Forth- und

Clyde-Kanal zu thun. Die andere Notiz ist die früher erwähnte von Bell, wie er behauptet, der Admiralität 1800 gemachte Vorstellung.

Dasselbe Edinburgher Journal lässt auch Bell nach Amerika reisen und Fulton dort behülflich sein, Dampfboote einzuführen.

Dagegen ward, ebenfalls 1839, in Hamburg in Romberg's allgemeinem polytechnischen Journal gedruckt: „Fulton sei, nachdem er sechszehn Dampfschiffe in den Vereinigten Staaten gebaut hatte, nach Europa gegangen, um seine wichtige Erfindung auch dort einzuführen. Er sei aber in England nirgends unterstützt worden und als er die Dampfschifffahrt in Paris vorschlug, sei er von den Franzosen ausgelacht und von Napoleon für einen Aventurier erklärt worden."

So wurde die Geschichte der mächtigsten technischen Erfindung unseres Zeitalters dem Publikum in Grossbritannien und in Deutschland vorgetragen.

Die Nachricht von Fulton's in Amerika im August 1807 begonnenen Fahrten mit seinem ersten Dampfboot scheint sich in England langsam verbreitet zu haben.

Im September des Jahres 1808 hatte ein gewisser Thomas Oxley in London dem Präsidenten der Royal Society, Sir Joseph Banks, die Zeichnung und Beschreibung eines von ihm wie er sagte im Jahre zuvor ersonnenen Dampfbootes mit Ruderrädern zugesandt, begleitet von dem Gesuch, sie der Royal Society vorzulegen.

Sir Joseph Banks antwortete ihm schriftlich und mündlich: er könne solches nicht thun, denn da die vielen bis dahin gemachten Versuche Schiffe auf diese Weise zu bewegen keinen guten Erfolg gehabt hätten, so erwarte er auch keinen von seinem Plan.

Im Frühjahr 1811 bekam der Herausgeber des Monthly-Magazin's in London einen Brief von Fulton über das von ihm in Amerika bereits Geleistete. Lord Stanhope, dem er das Schreiben zeigte, soll den Inhalt nicht haben glauben wollen. Das Wesentliche von Fulton's Mittheilung wurde als von einem Reisenden kommend gedruckt.

Ich lasse nun die Geschichte der Entstehung von Bell's erstem Dampfboot folgen, wie ich sie zur Zeit als es noch möglich war nicht ohne viel Mühe erforscht habe.

Im Jahre 1808 hatte Henry Bell, durch welchen früher schon in Peterhead Bäder eingerichtet worden waren, zu Helensburgh am nördlichen Ufer des Firth's der Clyde unterhalb Dumbarton eine Badeanstalt verbunden mit einem Hôtel begründet, wo seine Frau die Wirthin machte.

Im Sommer von 1811 hatte sich ein Glasgower Mechaniker und Maschinenbauer, John Roberton, seiner Gesundheit wegen in dieser Anstalt einlogirt.

Man muss diesen John Roberton nicht mit dem schon früher erwähnten John Robertson verwechseln, dessen Dampfboot mit Ryder's rotirender Maschine man in Glasgow neuerdings zu einem Ante-Ericsson'schen Caloric-Schiff hat machen wollen; von ihm wird weiterhin noch Vieles zu sagen sein.

John Roberton, den ich hier meine, ist derjenige Mechaniker, von welchem bei Robertson, Buchanan und George Rennie, auch bei Freigold, einiges über seine Arbeiten zu lesen ist.

Ihn besuchte eines Tages ein anderer mit ihm befreundeter Maschinenfabrikant Namens Newton von der Caledonian-Eisengiesserei und ausserdem noch John Themson.

Mit diesem Thomson müssen wir uns gleich näher bekannt machen. Sohn eines Schullehrers in Dumfriesshire, war er sieben Jahre lang auf der Dampfmaschinenfabrik von Boulton und Watt in Soho gewesen und hatte sodann als Agent dort verfertigte Maschinen in der Nähe von Glasgow und auch in der Stadt selbst (ich kenne ihrer acht) aufgestellt.

Im Jahre 1807 war er aus dem Dienste der Kompagnie zu Soho getreten und in Glasgow Werkführer in der Maschinenfabrik von James Cook geworden, hatte sich aber nun auf eigene Rechnung in Commerce-Street etablirt und bereits für die ihm selbst gehörige Fabrik so wie für eine Tuchappreturanstalt Dampfmaschinen gemacht.

Bell, der Hauswirth und selbst ein „Engineer", machte Roberton einen Besuch auf seinem Zimmer und traf da die andern zwei genannten Herren.

Da man über Fulton's Thun in Amerika Einiges gelesen hatte, so kam das Gespräch darauf. Es wurde geäussert, wie schön es sein möchte, wenn auf der Clyde ein Boot wie die auf dem Hudson und auf dem Rariton in Amerika wäre, so dass man auf eine be-

queme Weise von Glasgow zu der Helensburgher Badeanstalt gelangen könne.

Bell, welcher schon verschiedentlich spekulirt hatte, ob nicht aus dem von Symington auf dem Forth- und Clyde-Kanal Dargethanen etwas Geldeinbringendes zu machen sei, und jetzt besonders berücksichtigte, dass ein Dampfboot viele Gäste aus Glasgow zu seiner Badeanstalt und zum Hôtel bringen würde, auch dass es zugleich zu den Helensburgh gegenüber am Firth der Clyde befindlichen Schiffsorten Port Glasgow und Greenock Passagiere tragen könne, kam mit Thomson überein, auf die Zurüstung eines Dampfbootes hinzuwirken.

Man beschloss fürs erste ein kleines Boot mit Handruderrädern oder rotirenden Schaufeln zuzurichten, um die beste Gestalt der Ruderschaufeln auszumitteln. Bell übernahm es, dieses kleine Fahrzeug zu besorgen und Thomson sollte die Handmaschinerie dazu machen.

Ich unterbreche hier meine Erzählung, um darauf aufmerksam zu machen, was für ein grosser Unterschied in den Verhältnissen bestand, unter welchen Bell zur Sache schreiten konnte, und denen, unter welchen früher Fitch in Amerika zu beginnen hatte.

John Fitch war im Sommer 1785 mit der Idee aufgetreten, durch Dampfkraft zu drehende Ruderschaufeln (Ruderräder) oder sogar eine rotirende Schraube an seine projektirten Boote anzubringen, ohne die geringste Kenntniss davon zu haben, dass Miller in Schottland damals Versuche anstellte, um zur vom Wind unabhängigen Bewegung von Fahrzeugen die beste Weise auszufinden, Räder mit Ruderschaufeln durch Menschen zu drehen.

Fitch ward aber durch die noch am Ende desselben Jahres mitgetheilte Aeusserung Franklin's, dass Ruderräder, wenn versucht, nie wirksam genug befunden worden seien, um ihre Anwendung fortzusetzen, vom bereits instinktmässig eingeschlagenen rechten Wege abgeleitet.

Ueberdem ward dieser geniale selbstgebildete Mann in seinem Fortschreiten gehindert durch James Rumsey, der die ein halbes Jahrhundert alte, schon vergessen gewesene Idee Bernouilli's, welche nun durch Franklin, dem sie bei seiner Lecture als Invalide zu Passy vorgekommen sein mag, zur Sprache gebracht wurde, praktisch anwenden zu können hoffte.

Hätte Franklin Kenntniss von Bernouilli's Brief an Euler vom 24. Mai 1738 gehabt, in welchem er deutlich genug ausdrückt, die Idee, die er noch nicht aufgegeben habe, sei wohl theoretisch interessant, aber das erforderliche Pumpen des Wassers vermöge kaum den Effekt der gewöhnlichen Handruder hervorzubringen, so würde er wahrscheinlich nicht Rumsey aufgemuntert haben, diese Idee, welche Bernouilli 1753 selbst „eine sonderbare“ nannte, auf die Dampfschifffahrt anzuwenden zu suchen. So aber ward nicht nur zu seiner Unterstützung die schon angeführte Gesellschaft mit Franklin an der Spitze gebildet, sondern Rumsey ward zum Mitglied der philosophischen Gesellschaft in Philadelphia gemacht, deren Präsident Franklin vom Jahre 1769 an, in welchem sie ihre neue Organisation erhalten hatte, bis zu seinem Tode (1790) war.

Beiläufig erwähne ich, dass man Rumsey in derselben Sitzung wählte, in welcher die Präsidentin unserer Akademie, Fürstin Daschkow, zum Mitglied dieser Societät ernannt ward.

Miller druckte in demselben Jahre (1787) sein Buch mit Nasmyth's Zeichnungen über seine Fahrzeuge mit Handruderrädern, in welchem Fitch in Amerika schon sein Dampfboot mit den vor- und rückwärts bewegten Ruderspateln versuchte.

Nach unternommenen Abänderungen machte dasselbe am 12. Oktober 1788 mit mehr als dreissig Passagieren die Fahrt von Philadelphia nach Burlington, eine Distanz von zwanzig Meilen, in drei Stunden und zehn Minuten. Dies war zwei Tage vor dem, dass das von Symington für Miller zugerichtete erste Dampfboot in Europa zu Dalswinton zum erstenmal (am 14. Oktober 1788) in Gang kam.

An demselben Tag, an welchem Franklin aus Philadelphia über Fitch's Boot an den Leibarzt Ingenhouss in Wien schrieb, nämlich am 24. Oktober 1788, erschien in der Edinburger Zeitung „Advertiser“ eine Nachricht über das Miller-Symington'sche Dampfboot.

Fitch's Brief an Franklin vom 12. Oktober 1785, in welchem er die Dampfkraft als omnipotent schildert, und Franklin's Brief an Ingenhouss vom 24. Oktober 1788 sind Dokumente, welche darthun, dass Darwin's in seinem Botanic Garden vorkommende Zeilen: „Soon shall thy arm, unconquer'd Steam, afar-Drag the slow barge, and driwe the rapid car“ im Jahre 1791 zu spät erschienen, um, wie doch

so oft geschehen, als prophetische Vorhersagung der Dampfschifffahrt angesehen werden zu können.

Ich hätte also daran erinnert, dass nicht nur, wie allgemein bekannt, die ununterbrochen verbliebene Einführung von Dampfbooten früher in Amerika wie in Europa stattfand, sondern dass auch die vorläufigen Versuche und Fahrten in Amerika früher wie in Europa gemacht worden sind.

Aus Fitch's Brief an Franklin sahen wir, dass er die guten Methoden, welche jetzt ganz allgemein befolgt werden, anwenden wollte. Da er leider bald nachher veranlasst wurde vom Gebrauch der Ruderräder abzusehen, so führte er an ihrer Stelle nicht rotirende, sondern bloss rudernde Spatel oder Schaufeln ein. Da nun aber diese nie den Effekt der sich drehenden Ruderräder hervorbringen können und daher auch sein Boot in's Stocken kam, so folgt, dass durch das Abrathen von der Anwendung dieser letzteren Räder die Einführung der Dampfschifffahrt überhaupt verzögert worden ist.

Um so mehr ist Symington's drei Jahre nach Franklin's Abrathen (1788) begonnene Anwendung von Dampfkraft auf die Miller'schen Ruderräder, die sodann von ihm 1798 auf Miller's grösserem Dampfboot und 1801 bis 1802 auf dem Charlotte Dundas-Boot wiederholt wurde, zu schätzen. Durch Symington war die Nützlichkeit der Ruderräder für Dampfboote praktisch erprobt worden und seine Bemühungen haben veranlasst, dass Fulton sowohl als Bell die Ruderräder adoptirten, wodurch dann die neue, nun so wunderbar verbreitete Schifffahrtsweise in Amerika und in Europa in Gebrauch kam.

Das Boot zu den Versuchen zur Bestimmung der besten Form rotirender Ruderschaufeln liess Bell bei dem als Bootbauer damals sehr bekannten und ungemein viele Wasserfahrzeuge liefernden Thomas Nicol in Greenock machen. Ich habe mir aus seinen Büchern die Rechnung darüber ausgeschrieben; sie ist vom 17. September 1811.

Das zu Greenock gezimmerte Boot wurde am Broomielaw-Quai zu Glasgow von Thomson mit dem Rudermechanismus versehen, worauf Versuche damit von Bell und Thomson zusammen erst auf dem Port Eglinton-Kanal bei Glasgow, dann aber auf dem Clydefluss selbst gemacht wurden. Sie waren über Erwartung aufmunternd.

Thomson entschloss sich nun unverzüglich den Bau einer Dampfmaschine zu beginnen, um sie wenn fertig einem dazu geeigneten Boot einzuverleiben.

Bell aber, welcher wusste, wo eine fertige Maschine feil stand, so dass er Thomson umgehen konnte, eilte nach Port Glasgow auf das Schiffswerft, bekannt unter der Firma John Wood & Comp. Er fand den jungen John Wood. Der Vater, ebenfalls John, war wenige Tage zuvor mit Tode abgegangen; Charles, der zweite Sohn, war auf Reisen abwesend.

John Wood liess den Oberwerkmeister James Love kommen, um Bell's Bestellung entgegen zu nehmen. Letzterer bestimmte als Länge vierzig und als Breite zwölfthalb Fuss.

Am 27. November wurde die Arbeit begonnen. Das Boot steht im Buche nicht als Steamboot, sondern als New Sloop.

Nicht nur aus dem Munde von Love, sondern was entscheidend ist, aus dem Comptoirbuche Wood's, ferner aus dem Rechnungsbuch des Zimmermeisters Denniston Campbell, der die innere Einrichtung des Bootes ausführte, aus dem des Tapezierers William Johnston & Comp., so wie aus den Büchern einer Anderson, Campbell & Comp. gehörigen Eisengiesserei in Greenock, welche einige Sachen aus Gusseisen lieferte, habe ich mich überzeugt, dass das Boot erst um die Mitte des Monats Juli 1812 fertig wurde.

Also ist es nicht der Wahrheit gemäss, dass Bell, wie Cleland zuerst angab, am 18. Januar 1812 von Glasgow aus Fahrten damit begonnen habe.

Die Dampfmaschine für das Boot hat keineswegs Bell gemacht, wie ebenfalls allgemein, durch Cleland in den Irrthum geleitet, geglaubt worden ist. Ihr Verfertiger war derselbe John Robertson, der die Maschine fabricirt hatte, welche sich zuerst in dem ihm gehörigen Boot, anfänglich genannt Defiance, dann aber Highland Lad, befand.

Dieser Robertson und seine Verbindung mit der Geschichte der Dampfschifffahrt ist ganz übersehen worden. Er wird einmal beiläufig von Scott Russell genannt, aber irriger Weise als „ein Engineer zu Port Glasgow." Der Irrthum ist um so auffallender, da Scott Russell lange dort in der Nähe, nämlich zu Greenock wohnte und auch daselbst dieses schrieb.

John Robertson war gebürtig aus Nielston unweit Paisley in Renfrewshire. Sein Vater James hatte lange

John Monteith's Baumwollspinnerei in Pollockshaws bei Glasgow als Direktor vorgestanden. Er selbst war, nachdem er vier Jahre auf der grossen Spinnerei zu Stanley in Perthshire im mechanischen Atelier gearbeitet hatte, seit 1800 in der kurz zuvor zu Glasgow in John Street Nr. 75 begonnenen und noch jetzt unter der Firma William Dunn & Comp. in St. Johns Street Nr. 110 bestehenden Maschinenfabrik gewesen.

William Dunn hatte in der schon erwähnten Fabrik von Monteath angefangen Spinnmaschinen zu machen, ehe er sich in Glasgow einrichtete.

In Dunn's Fabrik war durch John Thomson eine Dampfmaschine von Boulton und Watt aufgestellt werden, und Robertson, der dort arbeitete, kam auf die Idee, kleine dergleichen Maschinen zum Verkauf anzufertigen. In dieser Absicht etablirte er sich 1810 in Dempster Street und er war mehrere Jahre lang der einzige Fabrikant in Glasgow, der transportable Dampfmaschinen lieferte.

Seine erste war von ihm schon 1807, als er noch bei Dunn in Lohn war, in den Freistunden angefertigt worden. Ihr Cylinder hatte nur acht Zoll Durchmesser.

Diese Maschine hatte Henry Bell 1808 von ihm gekauft, um in der damals neuen Badeanstalt in Helensburgh Wasser in ein oben im Gebäude befindliches Reservoir hinauf zu pumpen.

Vielleicht ist es gut zu erwähnen, dass diese erste Robertson'sche Maschine das Erwartete nicht leistete. Die Ursache war, wie mir Robertson sagte, dass Bell dazu einen gusseisernen Dampfkessel aus Thomas Edington's Giesserei, genannt Phoenix foundry, angeschafft hatte, der zu klein war und nicht Dampf genug erzeugte. Ich habe in den Büchern dieser Giesserei die Rechnung mit dem Gewicht des Kessels gesehen.

Die Maschine ward von Robertson zurückgenommen und mit einem grösseren Dampfkessel aus der Hugh und Robert Baird gehörigen Giesserei am Old Basin, in der Färberei von Middleton und Tennant in Cheapside, Tradeston, aufgestellt.

Ich weiss, wo eine jede der folgenden bis zum Jahre 1819 von John Robertson gemachten Dampfmaschinen hingekommen ist.

Am Ende des Jahres 1811 standen bei ihm ihrer zwei, Nr. 6 und 7, fertig.

John Turnbull, ein bekannter Bleicher am Levenfluss, war eines Tages bei Robertson, um eine Dampfmaschine zum Drehen der Waschräder (dashwheels) in seiner Bleichanstalt zu kaufen; er hatte John Napier, damals in Glasgow einer der Verfertiger von Dampfkesseln, mitgebracht. Es traf sich, dass zu derselben Zeit auch Henry Bell kam, um eine Dampfmaschine für das Boot, welches bei John Wood & Comp. in Port Glasgow für ihn gebaut wurde, zu kaufen.

Turnbull wählte die Maschine Nr. 6 mit dreizehnthalbzölligem Cylinder, welche die Kraft von vier Pferden haben sollte, und Bell entschied sich für die Maschine Nr. 7 mit eilfzölligem Cylinder, weil er glaubte drei Pferdekraft werde hinlänglich sein, um die Ruderschaufeln seines Bootes zu drehen. Ueberdies gefiel Bell die Maschine Nr. 7 besser als Nr. 6, weil sie netter fürs Auge gearbeitet war. Robertson sagte zu mir, sie sei polirt gewesen. Kosten sollte sie hundert fünfundsechszig Pfund.

John Napier, dessen Fabrik damals noch in Jamaica Street war, bald nachher aber und zwar kurz vor seinem Tode, nach Camlachie verlegt wurde, übernahm es für Bell einen Dampfkessel zu machen.

Dieser John Napier (er selbst schrieb seinen Namen Naiper) hatte früher eine Eisengiesserei in Dumbarton und bohrte daselbst auch Kanonen für das grosse Clyde-Eisenwerk. Er war der Onkel und zugleich der Schwiegervater des später als Dampfmaschinenfabrikant für Schiffe weltberühmt gewordenen und immer noch thätigen Robert Napier, der unter vielen anderen die ersten grossen transatlantischen Dampfer mit ihren mächtigen Maschinen ausgerüstet hat. Das 1835 erbaute Dampfschiff Isabella Napier ist nach der Tochter von John, und Frau von Robert Napier benannt. Letzterem zu Ehren war schon 1832 ein Dampfschiff Robert Napier genannt werden.

In Folge von Bell's Wunsch beauftragte Robertson zwei seiner Arbeiter, John M. Naugth und Alexander Dawson, am Ufer bei Port Glasgow das Boot mit der Dampfmaschine und dem dazu gehörigen Mechanismus zu versehen. Love sagte mir, die weitere Einrichtung des fertigen Bootes zu einem Fahrzeuge mit Dampf sei ihm unangenehm geworden, weil sie sehr lange dauerte und man den Platz, den das Boot einnahm, zu Anderem zu brauchen wünschte.

Die Ruderschaufeln hatte Bell von einem Schmied, Namens David Campbell, der in Carrick Street wohnte, machen lassen.

Sie waren nach hinten zu ausgehehlt. Es wurden zu vier solcher Ruderschaufeln an den Enden von zwei unter sich parallelen Achsen, eine hinter der andern ausserhalb des Bootes angebracht; es waren alse an jeder Seite desselben zweimal vier Schaufeln.

Wood's Rechnung für das kahle Boot allein betrug dreihundert siebenunddreissig Pfund eilf Schilling. Ich hesitze einen Originalwechsel ganz von Bell's Hand als Zahlung an Wood für dieses Fahrzeug, welches das erste auf einem Fluss in Europa zu Fahrten wirklich benutzte Dampfboot ward. Er ist datirt vem 1. August 1812.

Ich habe mir anch die Rechnung von William Johnston & Comp. abgeschrieben, weil daraus die innere Ausmöblirung des Kabinets erhellt. Man gab mir eine Probe von dem Zitz, der für die Möbeln gebraucht worden ist.

In der letzten Hälfte des Monats Juli 1812 machte Bell in Begleitung von William Mackenzie aus Helensburgh, der zum Capitain des Bootes erkoren war, und mit Robertson's Arbeitern, die den Mechanismus eingerichtet hatten, zum erstenmal versuchsweise eine Fahrt von Pert Glasgow aus quer über den daselbst zwei Meilen breiten Clydefirth nach dom Ufer von Cardress.

Bei einer zweiten von Pert Glasgow aus unternommenen Probefahrt, bei welcher ausser Bell und Mackenzie auch der Verfertiger der Dampfmaschine John Robertson zugegen war, fuhr man erst zur Badeanstalt in Helensburgh, we gelandet wurde. Man lud den ganz in der Nähe auf dem Schloss Ardincaple wehnenden Lord John Campbell, Vater des jetzigen Herzogs ven Argyle, ein ins Boot zu kemmen, um eine Strecke im Gare Loch (See) mit hinan zu fahren.

Eine dritte Versuchsfahrt wagte man den Firth der Clyde hinab his nach Rothsay auf der Insel Bute auszudehnen.

In den ersten Tagen des Monats August ging das Boot zum erstenmal mit Passagieren — es waren ihrer zwanzig, die Einnahme betrug gerade fünf Pfund — von Helensburgh nach Glasgow und Tags darauf brachte es einige zurück. Helensburgh ist ungefähr fünfundzwanzig Meilen von Glasgow entfernt.

Am 5. August wurde durch die Zeitungen angekündigt, dass das Boot nun regelmässige Fahrten zwischen Glasgow und Greenock machen werde. Dreimal in der Woche werde es von Glasgow abgehen und an den felgenden Tagen von Greeneck wieder zurückkommen. Greenock und Pert Glasgow am südlichen Ufer des Firth der Clyde waren die Orte, von we die grösseren Schiffe abfuhren, welche damals noch nicht bis Glasgew wegen Seichtigkeit des seitdem tiefer gemachten Flusses heraufkemmen konnten.

Der schon genannte William Mackenzie war der Capitain des Bootes, welches, weil es noch im Kemetenjahr 1811 begonnen, nicht aber wie man eft, einmal sogar unter Bell's Namen, gedruckt hat, auch beendet worden war, den Namen Kemet erhielt.

Etwa einen Monat lang machte der Kemet seine Reisen mit den beschriebenen vier rotirenden Schaufelapparaten, dann aber nahm man auf Rebertson's Rath die zwei hinteren ab, wodurch ein etwas schnellerer Gang erzielt wurde, denn für die vier Räderwerkzeuge war die Dampfmaschine zu schwach.

Ehe ich die weiterhin mit dem Kemet vergenommenen Abänderungen anführe, muss ich noch eine Unwahrheit berichtigen.

Edward Morris, der Verfasser einer Biographie Bell's nebst einer geschichtlichen Skizze der Dampfschifffahrt, lässt den Kemet vem 2. September des Jahres 1812 an aus Glasgew in regelmässigen Fahrten vom untern Theil des Firth's der Clyde durch die Kyles (den schmalen Sund) um die Insel Bute herum und dann Loch Fine und Loch Gilp hinauf bis zum Crinan-Kanal und auf diesem die Halbinsel Cantyre hindurch zum Jura-Sund fahren, von da aber längs der Küste zu den Seen Linnhe und Eil gehen, um auf ihnen zu den am südlichen Terminus des Caledonian-Kanals befindlichen Fort William zu gelangen.

Diese Reise, welche das Boot mit einem Dampfcylinder ven nur eilf Zoll, zum Theil in der See, gemacht haben soll, wird malerisch im Detail geschildert, und es wird der Hochländer Staunen über Bell's Feuerschiff beschrieben.

Der Autor gibt als Beleg der Wahrheit Wort für Wert die gedruckte Annonce wegen dieser Fahrten, aber — es befindet sich darin eine kleine Abänderung vem Original. Man hat die Ziffer 9 in 2 umgewandelt, se dass aus dem Jahre 1819 das Jahr 1812 entstanden ist. Auf diese sehr leichte Weise sind denn zum

gesuchten Ruhme Bell's auf einmal sieben Jahre Vorsprung für ihn gewonnen.

Als der Komet, nachdem er im Verlaufe von Jahren wiederholt nutzlos gelegen hatte, im Herbst 1819 diese Fahrt bis Fort William unternahm, war er schon gar nicht mehr das Boot von 1812. Seine Maschine war zweimal durch kräftigere ersetzt, das Boot selbst aber um dreissig Fuss verlängert worden.

Während der im genannten Buche übersprungenen Periode von sieben Jahren war gar Vieles in Ausbreitung der Dampfschifffahrt geschehen; man hatte Fahrten zwischen Grossbritannien und Irland eingeleitet, und es war sogar ein Dampfschiff aus Amerika zu uns nach Kronstadt gekommen, so dass im September 1819 Fahrten von Glasgow nach Fort William keineswegs merkwürdig waren.

Da der Komet im Spätjahre 1812 zwischen Glasgow und Greenock nur gar langsam dahinruderte und Bell wusste, dass zwei andere Dampfboote mit kräftigeren Maschinen für die Clyde projektirt waren, so wünschte er die seinige so viel als es bei der beschränkten Grösse des Dampfkessels anging, zu verstärken. Er liess daher während des Winters 1812 bis 1813 den Cylinder seiner Maschine durch einen etwas grösseren, nämlich von dreizehnthalb Zoll Durchmesser, von John Robertson ersetzen, so dass die Maschine nun die Kraft von vier Pferden sollte ausüben können.

Der umgetauschte erste Cylinder ist eine historische Merkwürdigkeit, indem er zuerst zum Propelliren des ersten auf einem Fluss in Europa im Gang gewesenen Dampfbootes gedient hat.

Ich gab mir daher Mühe auszufinden, wo er hingekommen sei und es gelang mir auch ihn zu entdecken. Man wird schwerlich errathen wo. Er bildet einen Schornsteinaufsatz auf der Badeanstalt in Helensburgh und zwar auf der vierten von den vierzehn Zinnen der Fronte des Gebäudes von der östlichen Ecke an gezählt.

Durch diese Zinne geht der weite Rauchfang der Küche und um den Zug zu verstärken, hat man diesen engen Cylinder oben aufgesetzt, so wie auf anderen, Rauchfänge enthaltenden Zinnen des Hauses thönerne Röhren stehen.

Ich habe meine Entdeckung bis jetzt für mich behalten, weil ich Gelegenheit suchte diesen Erstling aller in Europa zur praktischen Dampfschifffahrt gebrauchten Hauptheile des Motors zu erobern, um ihn dem Museum unserer Akademie oder dem Museum des Marine-Cadetten-Corps oder aber der Admiralität darzubringen.

Es wäre doch vielleicht am schicklichsten diesen Cylinder vor Bell's im Jahre 1838 zu Dunglass am Ufer der Clyde in Folge einer Subskription errichteten Monument aufzustellen. Er war gegossen in des als Autor bekannten Robertson Buchanan's Giesserei zu Port Dundas und ausgebohrt wurde er in der Fabrik der schon erwähnten Herren Hugh und Robert Baird, Brüder des von der Carron-Fabrik 1786 mit Gascoigne nach Petrosawodsk gekommenen Charles und Onkels des jetzt in St. Petersburg befindlichen Francis Baird. Er hat wie schon gesagt eilf Zoll im Durchmesser.

Welch ein Kontrast mit den mächtigen Cylindern, die wir gegenwärtig auf den transatlantischen Dampfschiffen sehen, aber auch diese sind schon wieder an Grösse übertroffen.

Ich komme so eben von einem hier nur zu Fahrten zwischen New-York und Falls River bestimmten im Bau begriffenen Dampfschiff Metropolis und habe in den noch offenen Cylinder hineingeschaut. Er hat bei dreizehn Fuss und acht Zoll Länge, hundert und fünf Zoll inneren Durchmesser und ist anjetzo (1853) der grösste Cylinder in der Welt auf einem Dampfschiff.

Als er noch auf der Erde lag, wurde darin eine bretterne Diele gemacht und es haben zweiundzwanzig Personen darin längs den beiden Seiten eines Tisches auf Bänken sitzend Mahlzeit gehalten.

Später wollte man versuchen wie viele Menschen darin stehen könnten; es fanden hundert und eine Person Platz darin. Endlich ist man mehreremale mit einem verdeckten Kabriolet im Trott durch den Cylinder hindurch gefahren.

Die Cylinder auf dem ersten Boot, welches in Europa 1788 durch Dampfkraft auf einem Teich fuhr, hatte nur vier Zoll im Durchmesser; der Cylinder des Dampfbootes, welches 1812 zuerst in Europa auf einem Fluss Fahrten machte, hatte einen Cylinder von eilf Zoll und das 1854 in Amerika gebaute Dampfschiff Metropolis hat einen Cylinder von hundert und fünf Zoll Durchmesser. Das ist ein Massstab, welcher die

Fortschritte der technischen Kunst in der Periode eines Menschenalters bezeichnet.

Der mit dem neuen Cylinder versehene Komet ging etwas aber nicht viel besser als zuvor. Während des Winters 1812—1813 machte er nur wenige Fahrten, und da im März 1813, wie wir sehen werden, ein mächtigeres und besseres Dampfboot auf die Clyde gekommen war, auch noch ein anderes bald folgen sollte, so begab sich Bell mit dem so langsam ziehenden Kometen im April von der Clyde weg.

Er brachte ihn, der Führer war jetzt James Bruce, durch den Forth- und Clyde-Kanal auf den Forth und dann den Forth hinab nach Leith, wo den Einwohnern dieses Ortes so wie auch denen von Edinburgh Gelegenheit gegeben wurde, dieses still liegende Dampfboot für einen Schilling Eintrittsgeld zu besehen. Man machte auch einige kleine Fahrten, z. B. nach der einen Leuchtthurm tragenden Insel Inch Keith.

Bell hatte gewünscht den Komet aus dem Firth des Forth's nach London auf die Themse zu bringen und ihn den Mitgliedern der Admiralität vorzuzeigen, zugleich aber, um von den Londonern fürs Beschauen Schillinge zu sammeln. Er folgte jedoch dem weisen Rath, sich nicht mit seinen so schwachen Lokomotivmitteln in die offene See zu wagen.

Unter Bell's Namen ist wiederholt gedruckt worden, er habe 1813 sein Boot an den Küsten von England, Irland und Schottland, vorgezeigt, um das Publikum mit den Vorzügen der Schifffahrt durch Dampfkraft vor der mit Segeln bekannt zu machen. Diese Reisen Bell's mit seinem Komet sind erdichtet, sie haben nicht stattgefunden.

Nach der Zurückkehr von Forth auf die Clyde machte der Komet, der abermals einen neuen Capitain, Peter Graham, bekommen hatte, nur wenig Fahrten. Er ging gewöhnlich mit der Ebbe von Glasgow nach Greenock ab und kam mit der Fluth von da zurück. Den Winter über lag er ganz still und obgleich er im Frühjahr 1814 wieder in Bewegung gesetzt worden, so blieb er doch den grössten Theil des Sommers unbenutzt, während die neuen Dampfboote gute Geschäfte machten.

Da nun noch mehrere mächtigere Fahrzeuge dazu kamen, so sah sich Bell gezwungen, seinem Komet einen mehr Dampf liefernden Kessel und eine mehr Kraft äussernde Maschine zu geben, damit er mit jenen zu konkurriren im Stande sein möge.

Er hatte wenig Geld aber viel Zutrauen in seine Fähigkeiten. Daher entschloss er sich zu versuchen, die in der Giesserei der Gebrüder Baird bestellten Theile für eine Maschine mit fünfzehnzölligem Cylinder bei seiner Badeanstalt durch gemiethete Arbeiter zusammensetzen zu lassen.

Der Dampferzeugungsapparat wurde jetzt nicht aus Schmiedeeisen, sondern aus bei den Bairds gegossenen Platten konstruirt.

Ich habe mir die Rechnungen über alles zu dieser Dampfmaschine Gelieferte abgeschrieben. Die Aufsicht über die Arbeiten beim Boot und auf demselben führte Robert Bain, der nachher bis zum Untergang des Kometen der Capitain desselben war.

Die ursprüngliche von John Robertson 1812 für den Komet gekaufte Maschine veräusserte Bell an den Kutschenfabrikanten Archibald Mc. Lellan, bei welchem sie einige Zeit Drechsel- und Schleifwerkzeuge in Bewegung setzte; dann wurde sie von William Alexander, Branntweinbrenner in Greenock gekauft, wo John Robertson sie zum Rösten des Malzes einrichtete. Hier verblieb sie bis Alexander fallirte, da dann Robertson die Maschine für vierzig Pfund zurückkaufte für Herrn Atherton von der Gerdwood'schen Fabrik. Als William Craig dieses Etablissement nach Gerdwood's Tod durch Kauf an sich brachte, bekam er auch diese Maschine.

Das Loos des Napier'schen Kessels, welcher den Dampf für diese Maschine geliefert hatte, wird man auch nicht errathen. Er ward zur Hütte für den Wächterhund bei Bell's Badeanstalt in Helensburgh.

Also der eine wesentliche Haupttheil des bewegenden Apparates auf dem ersten in Europa in Gang gekommenen Dampfboote ward — ein Schornstein und der andere — eine Hundehütte.

Es ist merkwürdig, dass auch nicht ein Einziger der zahlreichen Verfasser von geschichtlichen Notizen über die Einführung der Dampfschifffahrt in Europa sich die Mühe gegeben hat, zu untersuchen, ob wirklich die erste Maschine für das erste in diesem Welttheil in Gang gekommene Dampfboot, nämlich für den Komet, von seinem Eigenthümer, Henry Bell, gemacht worden sei.

Alle ohne Ausnahme wiederholen die falsche Angabe Cleland's, Bell habe selbst eine Dampfmaschine von der Kraft von drei Pferden für den Komet verfertigt, dessen Fahrten nach ihm am 18. Januar 1812 sollten begonnen haben.

Der genannte Historiker und Statistiker scheint durch einen absichtlich unbestimmt gelassenen Ausdruck Bell's in den Irrthum geleitet worden zu sein. Bell schrieb: Er habe das bei Wood für ihn gebaute Boot „mit einer Dampfmaschine versehen" (which boat I fitted up with an engine). Wirklich gebrauchte Cleland anfänglich diesen Ausdruck, später aber schrieb er geradezu Bell habe die Maschine selbst gemacht (the engine was of his own making).

So steht auch auf der Liste, welche mir John Wood über alle auf seinem Werft gebauten Dampfboote gab. Beim ersten, nämlich dem Kometen, hat er gesetzt: Engine constructed by Mr. Henry Bell.

Zum Irrthum Cleland's und Wood's kann noch der Umstand beigetragen haben, dass Bell, wie wir sehen werden, späterhin für ein anderes Boot, genannt Glasgow, eine Dampfmaschine zusammengepfuscht hat, die jedoch so schlecht ausfiel, dass gleich eine andere angeschafft werden musste, auch dass Bell nachgehends noch für das Boot Stirling Castle, ja selbst für den Komet Maschinentheile, die in der Baird'schen Fabrik angefertigt waren, hei und auf den genannten Booten zusammensetzen liess.

Nicht nur in die vielen Schriften über Dampfmaschinen und ihre Anwendungen, so wie in eine Menge von andern Büchern, z. B. in des Capitain Basil Hall's Reisen, ist die Unwahrheit wegen der ersten Maschine des Kometen aufgenommen worden, sondern sie ist auch in Encyclopädien und in Gazettiers übergegangen.

So steht in Brewster's Encyclopädie: „Bell machte die Maschine selbst und das Boot kam im Januar 1812 in Gang."

Im topographischen, physikalischen und historischen Gazettier von Schottland, gedruckt in Glasgow 1842, liest man im Artikel Helensburgh: „Bell baute selbst persönlich (he personally constructed) eine Maschine für das Boot, welches im Januar 1812 regelmässige Fahrten zwischen Glasgow und Greenock begann."

Der Verfasser des Artikels Glasgow in Lewis' topographischem Lexikon von Schottland (1846) scheint eine Maschine von drei Pferdekraft für zu schwach gehalten zu haben. Er hat zu drei eine Null hinzugesetzt und schreibt: „Nachdem Henry Bell eine Dampfmaschine von der Kraft von dreissig Pferden verfertigt (constructed) hatte, gebrauchte er die Herren Wood & Comp. in Port Glasgow ein Boot für dieselbe zu bauen, welches am 18. Januar 1812 seine Fahrten zwischen Glasgow und Greenock begann."

Tredgold sagt an einem Ort: Bell's Boot mit der Maschinerie sei noch 1811 fertig geworden. Dieselbe irrige Aufstellung findet sich bei Porter in seinem Progress der Nationen, im Edinburgh Philosophical-Journal u. a.

Ich bin genöthigt in einige Details einzugehen, um zu beweisen, dass meine Widerlegung der nun schon 40 Jahre hindurch für wahr geltenden Meinung gegründet ist, und zwar um so mehr, da ein geschätzter talentvoller Ingenieur in England nicht nur die falsche Cleland'sche Erzählung gibt, sondern schreibt er habe sich von ihrer Wahrheit durch Nachforschungen überzeugt.

Ich meine Scott Russell, der gegenwärtig in London das grösste Dampfschiff der Welt construirt. Bell's Komet von 1812 war vierzig Fuss lang, Scott Russell's Mammoth von 1855 misst sechshundert und achtzig Fuss. Robertson's für Bell auf den Komet gesetzte Dampfmaschine übte die Kraft von drei Pferden aus; Russell's Mammoth wird die ungeheuere Kraft von zweitausend sechshundert Pferden anzuwenden im Stande sein.

Herr Scott Russell, welcher zu der Zeit als er seine Abhandlungen über Dampf, Dampfmaschinen und Dampfschifffahrt schrieb mit einer grossen Dampfmaschinenfabrik in Greenock in Verbindung stand, erklärt: Bell habe die erste Dampfmaschine für den Komet namentlich in dieser Fabrik in Greenock gemacht. Er fügte hinzu, er, Scott Russell, habe hierüber am Orte selbst besondere Untersuchungen angestellt.

Herr Russell, mit dem ich seit 1842 persönlich bekannt bin, wird es gewiss ganz in der Ordnung finden, wenn ich das Resultat meiner Forschungen über diesen allgemein interessanten Gegenstand dem seinigen zur Seite stelle.

Die Caird & Comp. gehörige Eisengiesserei und Maschinenfabrik in Greenock oder bestimmter ausgedrückt in dem zu Greenock gehörigen Cartsdyke, auch Crawfordsdyke genannt, war im Jahre 1808 unter der Firma Anderson, Campbell & Comp. begründet worden. Ihre jetzige Firma bekam sie im Jahre 1826, seit welcher Zeit sie gar viele Maschinen für Dampfschiffe, und darunter sehr grosse, geliefert hat.

Nachdem die beiden Brüder, John und James Caird, ersterer seit 1817 Oberleiter des Geschäfts, 1838, letzterer bald darauf, 1839, mit Tode abgegangen waren, trat Scott Russell mit dieser Fabrik in eine Verbindung, welche bis 1842 dauerte. Der eigentliche Werkführer war Robert Muir, der sich in Glasgow in den Maschinenfabriken von James Cook und von Duncan Mac Arthur, über welche weiterhin Einiges gesagt werden soll, für die praktische Mechanik ausgebildet hatte.

Als in der ersten Hälfte des Jahres 1812 das für Henry Bell zu Port Glasgow erbaute Boot mit der Robertson'schen Dampfmaschine und dem dazu gehörigen Mechanismus am Ufer der Clyde ausgerüstet wurde, liess man die erforderlichen Sachen aus Schmiedeeisen dort in Port Glasgow anfertigen, die wenigen Gegenstände aus Gusseisen aber lieferte die erwähnte nur drei Meilen entfernte Giesserei zu Greenock oder Cartsdyke. Damals waren die Eigenthümer derselben John Andersen und sein Sohn James, welcher letztere das Geschäft leitete.

Ich habe die alten Bücher in dieser Fabrik genau untersucht und alles, was sich auf Bell's Boot bezieht, ausgeschrieben.

Im ersten „Daybook" steht auf Seite 173 unterm 13. Mai und 4. Juni, auf Seite 183 unterm 15. und Seite 184 unterm 16. Juli das Wenige, was für den Komet im Jahre 1812 gemacht oder abgelassen wurde.

Am 13. Mai und 4. Juni war es ein Anker in Form eines Pilzes (mushroom ancher) und ein Krahn, beide mit einigem Zubehör, so wie auch ein Speise-Kochapparat, am 15. und 16. Juli aber waren es drei Tonnen altes Gusseisen, die auf das Boot nach Port Glasgow ohne Zweifel zu Ballast gesandt wurden.

Scott Russell, der als zur Fabrik gehörig und in ihrer Nähe wohnend zu ihren Büchern leichter Zutritt hatte als ich, wird in dem erwähnten Daybook unter dem Jahre 1812 Bell's Namen gesehen haben, da er dann, weil er nicht näher prüfte, welcher Art Gegenstände für sein Boot abgelassen worden, glauben konnte, eine Bestätigung der durch Cleland verbreiteten Ansicht über die Fabrikation von des Kometen erster Dampfmaschine gefunden zu haben.

Da es mir vorbehalten werden, die Geschichte der Technik mit John Robertson als den Mann bekannt zu machen, der jene Dampfmaschine geliefert hat, vermittelst welcher zuerst in Europa ein Dampfboot Reisen auf einem Flusse vollzog, und da auf dieses und Fulton's Dampfboot die nun über das ganze Erdenrund ausgedehnte und in so vielfältiger Beziehung unendlich nützliche Dampfschifffahrt gefolgt ist, so muss ich zu dem bereits über Robertson Gesagten einiges hinzufügen.

John Robertson's erste kleine Dampfmaschine, welche Bell 1808 für seine Badeanstalt Helensburgh kaufte, war von ihm zusammengesetzt worden, ohne dass er je eine solche Maschine machen gesehen hatte. Zu seiner Anleitung diente die durch John Thomson in William Dunn's Fabrik zu Glasgow im Jahre 1806 aufgestellte Maschine aus Soho, welche die Kraft von sechs Pferden besass und später auf Dunn's Landgut für eine Dreschmaschine benützt wurde.

Robertson wandte die für seine erste Maschine von Bell erhaltene kleine Summe Geldes zur Einrichtung jener Werkstatt an, in welcher er sodann andere Dampfmaschinen anfertigte.

Der von seinen Landsleuten, ja sogar von Schriftstellern, die mit ihm in derselben Stadt wohnten, übersehene Robertson hat nicht nur für das erste in Europa auf einem Fluss zu Fahrten gebrauchte Dampfboot, sondern auch für das dritte und dann noch für nicht weniger als fünf andere, also im Ganzen für sieben der frühesten Dampfboote in unserem Welttheil, die Maschinen in Glasgow gemacht, ohne dass die Autoren über die Industrie dieser Stadt auch nur ein Wort über ihn gesagt haben.

Es ist dieses um so auffallender, da von den sieben Dampfbooten, für welche John Robertson die Maschinen fabricirt hat, vier auf seinen eigenen Namen gebaut worden, weil er der Haupteigenthümer derselben war.

Die sieben von Robertson angefertigten Dampfmaschinen, durch welche beim Beginn der Dampf-

schifffahrt in Europa Boote in Bewegung gesetzt wurden, sind die folgenden:

1. Die Maschine, welche zwar keineswegs für ein Dampfboot gemacht, aber für Bell's Komet gekauft und in demselben angebracht worden war.

Ich glaube mit hinlänglicher Ausführlichkeit von dieser Maschine gehandelt zu haben, will daher hier nur anführen, dass Bell an dem Kometen anfänglich aus Unerfahrenheit mancherlei Unnützes versucht hat.

Er brachte in demselben Cisternen an, welche durch Röhren mit dem das Boot umgebenden Wasser angefüllt werden konnten. Er glaubte nämlich, das Seewasser bei Greenock und unterhalb im Firth der Clyde werde seines Salzgehaltes wegen für den Dampfkessel nicht tauglich sein, daher er die Cisternen oben auf dem Fluss bei Glasgow mit kein Salz führendem Wasser zu füllen gedachte, um mit diesem sodann unten im Firth den Kessel aufzufüllen.

Er hatte sich auch eingebildet die bereits genutzten Dämpfe in bleiernen, ausserhalb am Boot unten hindurchgeführten Röhren condensiren und dann wieder als reines Wasser im Kessel gebrauchen zu können, welche Vorrichtung aber, wie vorauszusehen war, gleich bei der ersten Fahrt weggenommen werden musste.

Ferner versuchte er ob es nicht möglich sei, den Komet durch einen von Symington's Rädern verschiedenen Ruderapparat zu bewegen. Er gab ihm daher Ruder, die sich nach Art der Füsse von Schwimmvögeln bei ihrer Bewegung nach vorn zusammenfalteten; er war aber wie alle diejenigen, welche dergleichen früher versucht hatten, gezwungen, diesen Mechanismus aufzugeben.

2. Eine Maschine für Robertson's eigenes Dampfboot genannt Clyde.

Dieses Boot entschloss sich Robertson schon als der Komet erst kaum sechs Wochen in Gang gekommen war, nämlich am 17. September 1812, bei John Wood & Comp. in Glasgow bauen zu lassen.

Seit dem unmittelbar vor dem Bau des Kometen erfolgten Ableben des Begründers dieses Schiffswerfts, John Wood's, bestand die Kompagnie aus seinen zwei Söhnen John und Charles, ausserdem aber noch aus James Barclay, der eine Schmiede in Port Glasgow hatte. Charles Wood hat Reisen nach Nordamerika gemacht, vorzüglich in Bezug auf den Handel mit Holz zum Schiffbau; John blieb immer zu Hause.

Robertson's Boot wurde am 5. November 1812 in Arbeit genommen und am 30. Januar 1813 lief es vom Stapel. Nach dem Arbeitsbuch der Herren Wood & Comp. war seine Länge fünfundsechzig, die Breite dreizehn Fuss. Bei Bestimmung der Form des Bootes war William Norwal, seines Handwerks ein Bürstenmacher, welchem Robertson früher eine Dampfmaschine geliefert hatte, von ihm zu Rath gezogen worden.

Die von Robertson für das Boot gemachte Dampfmaschine hatte einen in Robertson Buchanan's Fabrik gegossenen und ausgebohrten Cylinder von neunzehn Zoll Durchmesser. Sie sollte die Kraft von zehn Pferden ausüben. Den Dampfkessel hatte Thomas Dow gemacht, er war aber so schlecht, dass seinetwegen ein Prozess entstand und Dow einen neuen zu liefern hatte. Die Ruderräder hatten neun Fuss Durchmesser und an jedem waren acht eiserne Ruderschaufeln angebracht.

Dieses Dampfboot Clyde, das dritte in Europa zu Fahrten benutzte, wurde am 8. Mai 1813 zum erstenmal in Bewegung gesetzt; seine erste Fahrt mit Passagieren von Glasgow nach Greenock fand am 8. Juni statt. Die Hin- und Rückfahrt brachte an diesem ersten Tage die nicht geringe Summe von dreizehn Pfund und neunzehn Schillingen ein. Jeden Wochentag fuhr das Boot zwischen Glasgow und Greenock, einen Tag um den andern ging es bis nach Gourock.

Robertson's Vater, James, welcher wie wir gesehen Direktor von John Monteith's Baumwollspinnerei in Pollockshaws bei Glasgow gewesen war, machte in der ersten Zeit den Capitain des Bootes; nachher ward es der auch schon erwähnte William Mackenzie.

Mit John Robertson zusammen waren vom 19. März an Eigenthümer des Bootes: sein oben genannter Vater Robert Stivin ein Kammfabrikant zu Glasgow und David Cochran ein Gerber ebendaselbst. Für den letzteren hatte Robertson früher eine Dampfmaschine zum Mahlen der Lohe gemacht. Cochran trat schon am 27. Juli aus, weil er die Absicht hatte ein anderes Dampfboot und zwar zum Gütertransport bauen zu lassen. Die eine Hälfte der Aktien für das Dampfboot Clyde besass nun John Robertson, die andere sein Vater und Stivin.

16*

Im Jahre 1814 vertauschte John Robertson den Cylinder der Maschine mit einem von zweiundzwanzig Zoll im Durchmesser, so dass sie nun die Kraft von zwölf Pferden haben sollte. Es wurde auch im Juli ein neuer Dampfkessel von der durch John Napier 1813 zu Camlachie eingerichteten Fabrik bezogen.

Da der Begründer dieser Fabrik gleich nach dem Beginn der Arbeiten in derselben, im August, sein Leben geendet hatte und sein Sohn David Napier zu jung war dieselbe zu leiten, so wurde Duncan Mac Arthur zu seinem Kompagnon gemacht. Dieser hatte bei James Cook, von dem ich beim Beschreiben des Dampfschiffes Margery sprechen werde, das Geschäft erlernt. Anfangs war die Firma der Fabrik zu Camlachie John Napier and Son. Vom August 1814 bis zum Jahre 1817 war sie Duncan Mac Arthur & Comp. Während dieser Periode wurden in derselben für 7 Dampfboote die Maschinen gemacht.

Im Jahre 1817 trennte sich Mac Arthur von David Napier. Ersterer etablirte sich in der Nähe des Quai's Broomielaw da, wo jetzt Robert Napier's grosse Fabrik Vulcan-Giesserei ist. Bis zum Jahr 1827 hat Duncan Mac Arthur siebenundzwanzig Maschinen für Dampfboote geliefert. David Napier blieb für's Erste in Camlachie, später zog er nach Lancefield. Bis zum Jahr 1833 hat er in Glasgow die Maschinen für nicht wenigor als fünfundvierzig Dampfboote gemacht, sodann etablirte er sich, wie bekannt, in London.

Robertsons Dampfboot Clyde war ohne Vergleich besser als Belt's Komet. Es war auch recht einträglich: die Totaleinnahme desselben im Jahre 1814 betrug etwas über dreitausend einhundert und neunzig Pfund.

Im Jahre 1819 ward John Robertson durch mehrfaches Unglück, besonders aber, wie er mir sagte, durch den Bankerott von John Shepherd, einem Färber, für den er aus Freundschaft einen Wechsel von zweitausend einhundert Pfund unterzeichnet hatte, in allen seinen Unternehmungen paralysirt. Am 7. Februar 1821 ward er des Clyde-Dampfbootes verlustig, sein Schwager Dr. James Stevenson bekam es. Für den Zeitraum von zwoi Jahren ward es 1822 noch einmal John Robertson's Eigenthum. Er liess es auf dem Werft von James Lang in Dumbarton anderthalb Fuss höher machen und gab ihm den Namen Gourock. Von einem nachherigen Besitzer, James Murray, wurde das Boot 1824 Lord Byron genannt.

Die von Robertson anfänglich für das Boot verfertigte Maschine, die in der letzten Zeit durch eine kräftigere an seinem andern Dampfboote ersetzt worden war, verkaufte man an Stevenson and Mac Lean in Glasgow, und nachdem dieses Haus fallirt hatte, kam sie in die Brauerei von William Mac Lenan in Alloa, wo sie sich noch 1852, als ich dort war, befand.

In einer, vom verstorbenen geheimen Rath Beuth nach seiner Reise in Grossbritannien dem Gewerbeverein in Preussen mitgetheilten und von diesem im Jahrgang 1824 seiner Verhandlungen gedruckten Liste aller bis 1823 (er schrieb in England) gebauten Dampfschiffe steht Gourok unrichtig mit dem Jahre 1819.

3. Eine der für das Dampfboot Clyde gemachten ganz ähnliche Maschine für ein Boot, welches John Robertson in Verbindung mit vier anderen Herren in Glasgow auf dem Schiffswerft von James Smart zu Dundee am Tay in Pertshire hatte erbauen lassen. Seine Länge war sechzig und seine Breite dreizehn einen halben Fuss. Die Maschine, sowie der dazu bei John Napier und Sohn in Camlachie gemachte Dampfkessel wurden durch den Forth- und Clyde-Kanal auf den Forth und von da auf den Tay nach Dundee geschifft.

So wie Robertsons früheres für die Clyde gebautes Boot den Namen dieses Flusses bekommen hatte, so wurde dieses neue für den Tayfluss bestimmte Tay genannt. Seine erste Fahrt von Dundee nach Perth machte das Dampfboot Tay noch im April 1814. Es fuhr sodann täglich zwischen diesen beiden sieben und zwanzig Meilen voneinander entfernten Städten hin und zurück. Der Capitain war ein gewesener Baumwollspinner aus Holmhead bei Kilmarnock, Namens John Galbraith.

Im Jahre 1817 brachte Robertson dieses Boot zu seinem andern auf die Clyde. Aus dem Tay kam es längs der Küste von Fife herab in den Forth, von welchem es auf dem Kanal zur Clyde bugsirt wurde, nachdem man wegen der schmalen Schleusenthore eines der Räder abgenommen hatte.

Auf der Clyde gab Robertson nun diesem Dampfboot den Namen seiner Frau: Margaret.

Er vertauschte den Cylinder der Maschine mit einem 20zölligen und geschreckt durch die Explosion eines eisernen Dampfbootkessels bei Norwich gab er diesem Boot nun einen kupfernen. Er war von Graham und Wardrop gemacht, Thomas Dow aber hatte ihn mit eisernen Zugröhren versehen. Nachdem das Boot selbst auf dem Werft von Wood & Komp. verlängert worden war, bekam es 1819 den Namen von Fingal's Sohn: Oskar.

Der Oskar wurde 1821 an Peter Graham und Lachlan Mac Lachlan (früher Steward auf dem Clyde Boot) verkauft. Graham, welcher vordem eine kurze Zeit den Komet geführt hatte, machte jetzt den Capitain.

In Folge einer Unvorsichtigkeit — man hatte nämlich einen unter dem Wasserspiegel befindlichen Hahn spät Abends offen gelassen — war der Oskar des Nachts in Loch Long versunken. Er wurde, so auf dem Boden dieser Seebucht liegend, an die damals unlängst gebildete Clyde-Schiffahrts-Kompagnie für eine Kleinigkeit verkauft.

Diese brachte das Boot herauf und liess 1822 bei Duncan Mac Arthur eine neue Maschine mit einem Cylinder von 2 Fuss Durchmesser dazu machen. Das so erneuerte Dampfboot Oskar fuhr nun eine Reihe von Jahren auf der Clyde.

Die aus dem versunken gewesenen Boot herausgenommene Robertson'sche Dampfmaschine wurde an Andrew King für seine Fabrik mit mechanischen Webstühlen in Cowcaddens zu Glasgow verkauft.

In der vom Geheim-Rath Beuth dem Gewerb-Verein in Preussen mitgetheilten alle bis 1823 gebauten britischen Dampfschiffe enthalten sollenden Liste fehlen die Namen Tay und Margaret gänzlich. Mit dem Jahre 1815 steht daselbst unrichtiger Weise ein Oskar angegeben.

4. Eine der beiden vorhergehenden ganz ähnliche Maschine mit neunzehnzölligem Cylinder, der Dampfkessel wieder von der Fabrik zu Camlachie, für das ebenfalls 1814 von James Smart in Dundee für ihn, John Robertson, erbaute Dampfschiff Caledonia.

Dieses Boot von dreiundsechzig Fuss Länge und dreizehn Fuss Breite war für England und namentlich für den Humber (zwischen York- und Lincolnshire) und den Trent (in der letztgenannten Grafschaft) bestimmt, um auf diesen Flüssen Fahrten zwischen Hull und Gainsborough zu machen. Führer desselben ward wieder ein gewesener Baumwollspinner, Robert Brakenridge, aus Glasgow.

Das Robertson'sche Dampfboot Caledonia mit der von ihm verfertigten Maschine ist das erste in Europa, welches eine Reise zur See gemacht hat. Diess ist um so mehr zu notiren, da immer gedruckt worden, ein erst im Jahre 1815 gebautes Boot, namentlich der Duke of Argyle, habe die erste Reise zur See gemacht.

Der Irrthum ist daraus entstanden, dass eine schreiblustige Person die Erlaubniss bekommen hatte, den grösseren Theil der Fahrt auf dem Argyle mitzumachen. Diese hat dann eine weitschweifige Notiz drucken lassen, die vielfach verbreitet wurde.

Vor dem Duke of Argyle machte, wie wir sogleich sehen werden, noch ein Robertson'sches Dampfboot die Fahrt zur See vom Tay zum Humber, ferner ging ein drittes Dampfboot, die Margery, vom Forth in Schottland sogar auf die Themse bei London früher als der Argyle von der Clyde aus dahin gebracht wurde.

Robertson's Caledonia lief auf ihrer im Herbst 1814 gemachten Fahrt vom Tay zum Humber aus der See in den Tynefluss ein und ging denselben hinan bis nach Newcastle.

Ich befand mich damals gerade dort, um die grosse Kohlenwerk-Industrie in der Umgebung näher kennen zu lernen. Ich hatte auch nicht unterlassen, Georg Stephenson zu besuchen, der gerade zu jener Zeit bei den Gruben zu Killingworth seine ersten Versuche mit einer Lokomotive machte, die später zu so unendlich wichtigen Resultaten für die ganze menschliche Gesellschaft geführt haben. Bekanntlich war dieses Stephenson's Lokomotive, welche zum Gebrauch auf der ersten Eisenbahn zu Schnellfahrten besser als die von Ericson und andern zur Konkurrenz gelieferten befunden wurde.

Bei Stephenson's ersten Versuchen im Jahre 1814, um auf Schienen, die nicht wie die von Blenkinsop bei Leeds gelegten gezahnt waren, bis sechzehn mit Kohlen beladene und sechsundfünfzig Tonnen wiegende Wagen von den Killingworth-Gruben zum Tynefluss zu fördern, war ihm Ralph Dodd bisweilen

durch seinen Rath nützlich, und im Februar des folgenden Jahres 1815 nahm er mit ihm zusammen, nicht aber wie Sir John Rennie dem Ingenieur-Institut irrend vortrug, mit Georg Dodd ein Privilegium über die damalige Einrichtung.

Von diesem Ralph Dodd wird es nöthig, hier Einiges zu sagen: Er war, wie Fulton, in London zum Maler gebildet worden, aber zum Ingenieurfach übergegangen. Fast gleichzeitig mit Fulton hatte er 1795 eine Abhandlung über Kanäle geschrieben, nachdem von ihm schon 1794 ein Schiffsdock für Sunderland projektirt worden war. Drei Jahre später (1798) schlug er vor, einen Tunnel unter der Themse bei Gravesend zu machen. Er lieferte die Pläne zu einer Brücke über die Themse in London, zu Wasserwerken bei Hammersmith, zu Kanälen und anderen nützlichen Anlagen, die zum Theil später ausgeführt wurden. Er kam aber zu keinem Vermögen. Er endete sein Leben 1822 in der grössten Armuth und zwar in Folge erlittener Beschädigungen durch das Platzen des Kessels auf einem Dampfboote.

Sein ältester Sohn Robert, eigentlich auch Portraitmaler in Newcastle, half ihm bei seinen dortigen technischen Arbeiten, die sich vorzüglich auf die Anwendung der Dampfkraft als Lokomotivmittel bezogen.

Nachdem Bell, Thomson und Robertson auf der Clyde ihre Dampfboote schon eine Zeitlang in Gang gehabt und einige Herren zu Greenock eben ein viertes solches Boot zu Stande gebracht hatten wandte sich Dodd unterm 1. November 1813 an James Cook in Glasgow mit der Bitte um Auskunft über den Preis einer Dampfmaschine für ein ähnliches Boot.

Cook schrieb Dodd am 11. desselben Monats, für welchen Preis er eine Maschine mit dem Zubehör liefern wolle, und am folgenden Tage gab er auch John Winfield zu Gateshead bei Newcastle, der am 18. Oktober bei ihm angefragt hatte, den Preis für ein komplettes Dampfboot an.

Man umging Cook. Dodd schaffte sich von der lange in Newcastle etablirt gewesenen Fabrik von Phineas Crowther eine Maschine an und setzte sie in ein drei und fünfzig Fuss langes Boot, welches im Mai 1814 Fahrten zwischen Newcastle und Shields auf der Tyne begann. Es wurde „the Tyne Steam Packet" genannt.

Als Robertson's Caledonia so ganz unerwartet auf die Tyne gekommen war, fuhr sie von Shields aus gleichzeitig mit Dodd's Boot den Fluss hinan zum Quai von Newcastle. Sie ging aber so viel schneller voran dass sie zu Dodds nicht geringem Aerger unterwegs einigemal um sein Boot herumzufahren vermochte. Diese Hintansetzung verdross Dodd um so mehr, da früher die Vergleichung der Fähigkeiten seines Dampfbootes mit Segelbooten für ihn sehr günstig ausgefallen war. Hätte Dodd sein Boot mit einer Maschine von Cook in Glasgow, den er um den Preis befragt hatte, versehen, so würde er ohne Zweifel besser gefahren sein.

Am 12. Oktober (1814) machte Robertson's auf den Humber gelangtes Boot Caledonia seine erste Fahrt mit Passagieren von Hull nach Gainsborough. Sie war als eine sehr schnelle gepriesen.

Während der letzten von mir beigewohnten Versammlung der britischen Association zur Förderung der Wissenschaft, welche 1853 in Hull stattfand, sagte William Fairbairn als Vorsitzender in der mechanischen Sektion, er habe das Dampfboot Caledonia in die Tyne einlaufen gesehen; er erklärte dabei dies sei nach Henry Bell's Komet das erste Dampfboot im Norden gewesen. Wie schon aus dem von mir bisher Angeführten zu ersehen, war dieses nicht der Fall.

Herr Fairbairn fügte hinzu, Bell, dem die Idee eines Dampfbootes von Symington zugekommen sei, habe der britischen Regierung und während des kurzen Friedens auch Napoleon Vorschläge zur Anwendung der Dampfkraft auf Kriegsschiffen gemacht, sie seien aber als unausführbar zurückgewiesen worden. Diese Bemerkung hätte unterbleiben müssen, da ihre Richtigkeit nicht nachgewiesen werden kann.

Robertson's Caledonia wurde von ihm im Herbst des folgenden Jahres, nämlich 1815 an eine englische Kompagnie verkauft.

In der vom Gewerbeverein in Preussen gedruckten Beuth'schen Liste aller bis 1823 in England (und Schottland) gebauten Dampfschiffe fehlt die hier beschriebene interessante Robertson'sche Caledonia gänzlich.

5. Noch eine, den für die Boote Clyde, Tay und Caledonia gemachten ähnlichen Dampfmaschinen mit dem Wasserkessel aus Camlachie, für ein dem vorher-

gehenden ganz gleiches, nur um einen Fuss längeres, von James Smart in Dundee ebenfalls 1814 gebautes Boot, benannt Humber.

Dieses Dampfboot folgte der Caledonia sehr bald vom Tay zur See auf dem Humber nach Hull, jedoch ohne in die Tyne einzufahren. Der Capitain war Angus Sinclair, ein Ingenieur aus Glasgow.

Der Humber machte ungefähr ein Jahr lang Fahrten zwischen Hull und dem am Ousefluss gegen Leeds und York zu gelegenen Selby.

Eben so wie die Caledonia ward im Herbst 1815 der Humber an eine englische Kompagnie verkauft.

In den mehrmals erwähnten von Beuth dem Gewerb-Verein in Berlin mitgetheilten Liste steht der Humber unrichtig als im Jahr 1817 erbaut.

6. Eine Maschine mit zwei und zwanzigzölligem Cylinder für das Dampfboot Defiance, welches Robertson im Jahre 1816 bei John Wood & Komp. bestellt hatte. Diese Maschine sollte die Kraft von zwölf Pferden besitzen. Der Bau des Bootes ward am 21. Oktober 1816 begonnen und am 22. Januar 1817 beendigt.

Ich habe gleich nach der Beschreibung von Ericson's Caloric-Schiff von dem Dampfboot Defiance ausführlich gehandelt, weil man ihm, als es schon den Namen Highland Lad bekommen hatte und namentlich 1822 an die Stelle der ursprünglichen Robertsenschen eine Rider'sche Rotations-Maschine gab, welche vor kurzem, als in Amerika von Ericson's Schiff so Grosses erwartet wurde, die öffentlichen Blätter in Glasgow fälschlich als eine der Ericson'schen Caloric-Maschine ähnliche bezeichneten. Jetzt da Ericson's Calorie Schiff in ein gewöhnliches Dampfschiff umgewandelt wird, spricht auch Grossbritannien nicht mehr von seinem erdichteten Verläufer, dem Highland Lad.

Als Joh Rider im Jahre 1820 seine Rotations-Maschine patentirte, war er einer der Besitzer der Eisengiesserei zu Belfast in Irland unter der Firma: Boyd, Card, Rider & Komp. Die Maschine wurde von ihm in und bei Belfast an verschiedenen Orten aufgestellt; im Kleinen zum Wasserpumpen auf dem Hof der Giesserei, in Herrn Alexanders Mahlmühle zu Belfast, in Isaak Bell's Bleichanstalt zu Ballyclare und zu White House ni der Herren Grimshaw's Zitzdruckerei. Sie ist aber aus allen diesen Etablissements, ebenso wie vom Dampfboot Highland Lad verschwunden und auch auf keinem andern Boot versucht worden.

In der Beuth'schen Liste steht ausser der Defiance der Highland Lad als ein anderes Dampfboot und mit dem falschen Jahr 1820.

7. Eine der vorhergehenden ganz ähnliche Maschine für ein Boot, welches wieder John Wood & Komp. für ihn 1818 gebaut hatten. Seine Länge war sechzig, die Breite 13 Fuss. Der kupferne Dampfkessel gleicht denen in der Margaret und in der Defiance.

Dieses Dampfboot bekam den Namen Marquis of Bute, weil es zu Fahrten nach Rothesay auf der Insel Bute bestimmt war.

Im Jahre 1821 ward es, wie die Clyde, das Eigenthum von Dr. Stevenson. Dieser liess es späterhin verlängern und gab ihm eine durch gemiethete Arbeiter zusammengesetzteMaschine, welche die Kraft von dreissig Pferden haben sollte.

Im Jahre 1825 ward der Name dieses Dampfboots in den von Bangor Castle umgeändert. Dies geschah, weil es in Irland zu Fahrten zwischen Belfast und Banger gebraucht werden sollte. Es that dieses nur eine kurze Zeit. Im Jahre 1827 fuhr es schon wieder auf der Clyde.

Ausser den hier angeführten sieben Maschinen für Dampfboote hat John Robertson in Glasgow nicht weniger als vierundzwanzig Dampfmaschinen für verschiedene industrielle Etablissements geliefert. Vier davon waren zum Mahlen von Lohe in Gerbereien bestimmt, vier für Färbereien, drei für Baumwollspinnereien, zwei für Bleichanstalten, zwei zum Calandern von Zeugen, eine zum Zitzdrucken (in Irland), eine für eine Flachsspinnerei (zu Dighty Water, nordwestlich von Dundee), zwei für Schmieden, eine zum Reiben von Farben, eine zum Sägen der Hölzer für Bürsten, eine zum Pumpen, eine für eine Bierbrauerei und eine für eine Branntweinbrennerei.

Robertson's nützliche Thätigkeit im Anfertigen von Dampfmaschinen für verschiedene Gewerbsmänner in Glasgow und in seiner Umgebung verdiente hier zumal desswegen notirt zu werden, weil mehrere der Personen, für welche er früher solche Maschinen gemacht hatte, ihm nachgehends bei der Herstellung von Dampfbooten an die Hand gingen. Bei seinem ersten Boot that dies ein Gerber und ein Bürstenmacher.

Herr Robertson hat mir gegen Zahlung eine Zeichnung von seiner an Bell für den Komet verkauften Maschine angefertigt, auch hat er mir ein kleines

Modell von einem der wesentlichsten Theile des Mechanismus dieser Maschine gemacht.

Gern hätte ich meine Geschichte des Beginns der Dampfschifffahrt in Europa mit Bell's und Robertson's anfänglichem Dazuthun geschlossen; ich fühle es aber als eine mir obliegende Pflicht, aus den Notizen, die ich über alle in den ersten dreissig Jahren an der Clyde gebauten Dampfboote und über alle für dieselben gemachten Maschinen mit unsäglicher Mühe zusammengebracht habe, wenigstens die im Verlauf der ersten zwei Jahre nämlich bis zum Sommer 1814 hergestellten zu beschreiben, auch muss ich die Geschichte von Bell's Komet und von drei andern Booten, bei welchen er betheiligt war, ganz geben.

Unter den in so vielen Schriften verbreiteten falschen Angaben über die Erstlinge der europäischen Dampfschiffe ist die im officiellen Bericht der Jury über die grosse Industrieausstellung in London von 1851 enthaltene unwahre Behauptung eine der anstössigsten.

Man hatte den Bericht über die achte Klasse, welcher vom Schiffbau handelt, Charles Dupin abfassen lassen und dieser sagt: „Als der allgemeine Friede 1814 stattfand war nicht ein einziges Dampfboot in England, obschon Schottland ein kleines Fahrzeug der Art besass“.

Dupin scheint zu seiner Belehrung in der Penny-Cyclopädia oder in andern englischen Büchern nachgeschlagen zu haben und auf eine 1836 vom Board of Trade officiell publicirte und seitdem vielfach wieder gedruckte Tabelle gestossen zu sein, welche die in seinem Bericht enthaltene falsche Angabe durch eine Ziffer ausdrückt.

Zur Zeit des von Dupin erwähnten in der Weltgeschichte Epoche machenden Friedensabschlusses im Jahr 1814, als der hochselige Kaiser Alexander I. von Paris her England mit seinem Besuch beehrte, war in Schottland nicht, wie Dupin im Bericht über die Londoner Ausstellung sagt, ein einziges Dampfboot vorhanden, sondern es waren ihrer schon nicht weniger als sieben verschiedene in Gang gesetzt worden. Ausser diesen standen noch fünf Boote fertig und empfingen ihre Maschinerie, auch waren auf dem Tay zwei Boote fast ganz im Bau beendigt.

In Thätigkeit waren damals die Dampfboote: Komet, Elisabeth, Clyde, Glasgow, Trusty und Princess Charlotte auf dem Clydefluss, so wie Robertson's Boot Tay auf dem Fluss dieses Namens. Mit noch nicht ganz eingerichteter Maschinerie standen auf der Clyde die Boote: Prince of Orange, Margery, Industrie und Duke of Argyle, auf dem Forth aber Stirling Castle, und auf dem Tay waren Robertson's Boote Caledonia und Humber beinahe fertig.

In England, wo nach Dupin im Ausstellungsbericht gar kein Dampfboot vorhanden sein sollte, waren ihrer drei im Gang. Im Westen eines von Theodor Lawrence, welches auf dem Avon zwischen Bath und Bristol fuhr; im Osten ein schon erwähntes von Ralph Dodd, das auf dem Tyne zwischen Newcastle und Shields, und ein anderes von Richard Wright, das auf dem Yare zwischen Yarmouth und Norwich Fahrten machte.

Ich bin veranlasst worden von Robertson's Booten vor dem durch Thomson besorgten zu sprechen, weil der Komet seine ursprüngliche Maschine von Robertson bekommen hatte.

Wir wissen, dass Bell anfänglich, 1811, John Thomson zur Einrichtung seines Probebootes gebraucht hatte, dass er aber statt wie dieser erwartete die Dampfmaschine für den Komet von ihm machen zu lassen, ihn umgangen und eine bei John Robertson fertig dastehende gekauft habe.

Von Bell angeführt, entschloss sich Thomson nun selbst ein Dampfboot herzustellen. Die Maschine für dasselbe begann er in seiner kleinen Werkstatt in Mitchell Street, wo er bereits eine für Ebenezer Richardson gemacht hatte. Sie sollte die Kraft von zehn Pferden ausüben können. Die Giesserei von Moses Mac Culloch in Gallowgate lieferte ihm den Cylinder von neunzehn Zoll Durchmesser.

Die Maschine war noch nicht so weit gediehen, als Thomson das Unglück traf zahlungsunfähig zu werden. Ein Glasgower Bierbrauer, John Hutchison in New Street Calton, reichte ihm hülfreiche Hand. Es wurde das nöthige Geld herbeigeschafft, so dass bei John Wood & Comp. ein Boot bestellt werden konnte.

Das am 30. September 1812 begonnene Boot bekam fünfzehn Fuss mehr Länge wie der Komet; es wurde noch vor Ende des Jahres fertig. Schon Symington hatte seinem Boot von 1802 den Namen einer Dame gegeben, Thomson folgte dem Beispiel, indem

er sein Boot Elisabeth nannte. Auch später bekamen an der Clyde gebaute Dampfboote weibliche Namen.

Das von Thomson zu Glasgow am Quai mit der Maschinerie versehene Boot machte am 9. März 1813, nicht wie in der Encyclopaedia Britannica steht 1815, seine erste Fahrt auf der Clyde, geleitet von ihm selbst.

Die Elisabeth bekam an Robertson's Clyde einen ihr schädlichen Rivalen und da nicht nur Thomson's sondern nun auch Hutchison's Finanzen schlecht standen, so wurde ihr Boot 1815 nach Liverpool verkauft. Ehe es aber dahin abging, war der Mechanismus auf demselben von der Baird'schen Fabrik aus in allen Theilen reparirt und Manches daran abgeändert worden.

Das Boot war behufs dieser Ausbesserung in das nahe bei der genannten Fabrik befindliche Bassin des Forth- und Clyde-Kanalarmes nach Port Dundas gebracht worden. Dieser Umstand mag Robertson Buchanan verleitet haben zu glauben, dass die Elisabeth 1815 auf dem Forth Fahrten gemacht habe, welche Unwahrheit er mir damals, Anfangs 1815, mittheilte und die er sodann auch in seinem Buch über Dampffahrzeuge gedruckt hat.

Die Elisabeth wurde nun nach Liverpool geführt, wo sie vom Juli (1815) an das erste Dampfboot auf dem Merseyfluss war. Es machte Fahrten zwischen Liverpool und Runcorn, manchmal ging es auch bis nach Warrington.

Zur Zeit als die Elisabeth bei Liverpool anlangte, war Professor Renwick aus Newyork dort. Er druckte später, wie ich zeigen werde, eine Beschreibung dieses Bootes nach vorhandenen Notizen über Bell's Komet, weil er der irrigen Meinung war, das nach Liverpool gebrachte Boot müsse der Komet sein.

In Gehler's physikalischem Wörterbuch wurde 1826 gedruckt: Bell und Thomson seien die Aktionäre eines durch Wood aus Glasgow 1812 erbauten Passagierschiffes gewesen. Cleland sagt unrichtig, die Elisabeth wäre 1814 nach Liverpool abgegangen.

Als Bell im Spätjahre 1812 erfuhr, dass Thomson des schlechten Zustandes seiner Finanzen ungeachtet bei den Wood's ein Boot und zwar ein grösseres als das seinige, bestellt hatte und bald darauf, dass für Robertson eines von noch bedeutenderen Dimensionen daselbst begonnen war, da sah er im voraus, dass sein Komet neben diesen mächtigen Lichtern nicht glänzend erscheinen könne.

Er gab seiner Dampfmaschine wie früher erwähnt einen Cylinder, der etwas grösser wie der ursprüngliche später auf einen der Schornsteine der Badeanstalt gesetzte war; das half aber gar wenig. Nun sann er darauf, in Greenock eine Kompagnie zusammenzubringen, um ein Dampfboot ungefähr von der Grösse des Robertson'schen machen zu lassen, wobei er dann als Rathgeber oder als Leiter der Sache etwas zu gewinnen hoffte.

Einige Herren zu Greenock traten wirklich, angeregt durch Bell, im Anfang des Jahres 1813 zusammen und beschlossen ein solches Boot bei den Wood's in Port Glasgow zu bestellen, die Besorgung der Dampfmaschine aber Bell zu überlassen.

Schon am 17. Mai ward das Boot auf dem Werft in Arbeit genommen. Nach Wood gab man ihm die Länge von sechzig, die Breite von sechzehn Fuss. Es bekam den Namen Glasgow.

Um die dazu versprochene Dampfmaschine zusammen zu setzen, hatte sich Bell an die schon beschriebene, Anderson, Caird und Komp. gehörige Eisengiesserei bei Greenock gewendet. Da man damals hier noch gar nicht auf den Bau von Maschinen eingerichtet war, so wurde es nöthig hiezu Arbeiter von anderwärts her zu miethen; ausserdem wurden Sachen von verschiedenen Fabriken in Glasgow angeschafft.

Da Bell während des Baues des Glasgow mit dem Kometen auf den Forth gezogen war, um ihn den Edinburgern zu zeigen, so kam die Maschine für das neue Boot lange nicht zu Stande. Auf den Seiten 95 und 99 des Day books B der Cartsdycker Fabrik fand ich die Maschinentheile vom 25. Juni bis zum 27. September eingetragen. Am 18. September sind 4 Tonnen und am 4. Oktober ist noch eine Tonne Gusseisen als Ballast angerechnet; nachgehends im Oktober nur noch Kleinigkeiten. Hieraus ergibt sich die Zeit, in welcher das Dampfboot Glasgow fertig ward.

Wie zu erwarten stand, zeigte sich die auf die beschriebene Weise entstandene Dampfmaschine sehr schlecht. Der Glasgow konnte nicht gegen die Elisabeth und noch weniger gegen die Clyde aufkommen. Die Eigenthümer des Bootes wendeten sich daher

1814 an den Fabrikanten James Cook. Er übernahm es eine bessere Maschine zu liefern; sie bekam einen vierundzwanzigzölligen Cylinder.

Nun machte der Glasgow recht schnelle und einträgliche Fahrten, zumal nachdem er 1815 von Cook auch einen neuen Dampfkessel bekommen hatte. Cook schrieb 1816 im Januar, dieses Boot trage als das schnellste auf der Clyde die Admiralsflagge.

Es ist in England irriger Weise gedruckt worden, man habe dieses Dampfboot Glasgow 1815 auf die Themse gebracht und dort unter dem Namen Thames zu Fahrten zwischen London und Margate gebraucht. Diese falsche Angabe findet sich auch zweimal in der Beuth'schen in Berlin veröffentlichten Liste, einmal mit dem Jahre 1813, das anderemal mit 1821.

Der Glasgow blieb auf der Clyde und machte daselbst eine Reihe von Jahren hindurch seine Fahrten.

Als Bell 1813 mit seinem Kometen die Exhibitionsfahrt auf dem Forth machte, wodurch die Bewohner der vorzüglichsten Hafenorte an demselben mit der neuen Schifffahrtsmethode bekannt wurden, unterliess er nicht, auf die Gründung einer Kompagnie in Stirling zur Einführung derselben auf dem Forth hinzuwirken.

Mehrere Besitzer von Kramläden, Fruchtbuden, Branntweinschenken, ein Seifensieder und allerhand Professionisten zu Stirling, so wie drei zu St. Ninians und zu Bannockburn etablirte Lohgerber, für welche Robertson Dampfmaschinen zum Lohemalen gemacht hatte, bildeten wirklich 1813 eine Gesellschaft (Stirling Steam Packet Company) und beschlossen, von dem Schiffbauer John Gray in Kincardine ein Boot anfertigen zu lassen, zu welchem Bell es wieder übernahm, die Dampfmaschine und den dazu gehörigen Mechanismus zu liefern.

Das Boot ward bald nach dem Beginn der Fahrten des Glasgow auf der Clyde, nämlich im November 1813, in Arbeit genommen; es bekam ungefähr dieselben Dimensionen.

Da die für den Glasgow von unerfahrenen Arbeitern in Greenock zusammengearbeitete Maschine so gar schlecht ausgefallen war, so entschloss sich Bell jetzt für das neue Boot die verschiedenen Maschinentheile meistens in der Baird'schen Fabrik in Glasgow machen zu lassen. Wegen der zwei Dampfkessel aus gusseisernen Platten schrieb er am 6. December (1813) an Robert Baird, gab die Dimensionen und fügte im Brief eine Federskizze bei.

Von Ende April 1814 an wurden die in der genannten Fabrik angefertigten Gegenstände durch den Kanal zum Forth und auf diesem nach Kincardine geschifft, wo sie sodann im Mai und Juni unter der Anleitung von Andrew Brown, Werkmeister bei den Bairds, zusammengesetzt und im Boot angebracht wurden. Bell war von Helensburgh nach Kincardine gekommen und viel bei den Arbeiten zugegen.

Dieses Dampfboot, benannt Stirling Castle, welches nach dem Kontrakt mit Bell schon im Mai hätte fertig sein sollen, aber zum Aerger der Kompagnie erst später vollendet war, machte sodann regelmässig Fahrten zwischen Stirling und Newhaven unweit Leith.

Robert Baird schrieb unterm 6. September 1814 an Bell, er habe mit einigen Herren von der Kompagnie eine Fahrt auf dem Boot gemacht und man sei mit dem Gang desselben zufrieden gewesen.

Ehe ich die fernere Geschichte dieses Bootes gebe, muss ich mich zu der des Kometen wenden.

Es war erst nach Vollendung des Dampfbootes Stirling Castle, dass Bell sich ernstlich mit der Anfertigung einer neuen Maschine für den Komet beschäftigen konnte. Auch lieferte Robert Baird die Gegenstände für dieses Boot Bell's nicht so prompt wie jene für das Boot der Kompagnie in Stirling, denn Bell war nichts weniger wie ein prompter Zahler; er kam nie aus der Verlegenheit wegen Mangel am nöthigen Gelde heraus.

Aus den Fabriksbüchern habe ich ersehen, dass Bell den neuen Cylinder und andere Hauptheile der Maschine für den Komet erst im Juni und Juli 1815 bekam.

Ein Schmied, Namens John Shaw, mit Gehülfen machte die Schmiedearbeiten für das Boot in Helensburgh. Robert Bain führte die Aufsicht.

Als der Komet nun mit der stärkeren Maschine wieder von der Clyde durch den Kanal auf den Forth gekommen war, begann er daselbst Fahrten zwischen Grangemouth und Newhaven zu machen, welche im folgenden Sommer (1816) ziemlich regelmässig fortgesetzt wurden, während das Boot Stirling Castle zwischen Newhaven und Stirling fuhr.

Es war hier nöthig dasjenige, was mit Bell's Komet im Jahre 1815 auf der Clyde und auf dem Forth vorging, zu erwähnen, weil Professor Renwick in Amerika gedruckt hat, Bell habe sich im Jahre 1815 entschlossen, sein Dampfboot, nämlich den Komet, von der Clyde weg nach Liverpool zu senden. Er, Renwick, sei bei der Ankunft des Bootes daselbst zugegen gewesen und er habe dieses kleine Fahrzeug von fünfundzwanzig Tonnen, welches in Europa die erste Reise auf der See gemacht habe und zwar mit einer Maschine von der Kraft von vier Pferden mit den grossen amerikanischen verglichen. Er beschreibt mit Ausdrücken von Wunder den Enthusiasmus, mit welchem die Einwohner von Liverpool dieses Zwergboot, den Kometen, bewillkommneten.

Ich habe zu erklären, dass Bell den Komet nie nach Liverpool gesandt hat. Es war, wie schon gesagt, Thomson's Elisabeth, welche 1815 dahin kam. Dieses Boot hatte nicht die Kraft von vier, sondern wenigstens von zehn Pferden. Es hat nicht die erste Fahrt auf der See in Europa gemacht; im Jahre 1814 waren drei Dampfboote aus Schottland nach England, eines davon bis nach London gegangen. Professor Renwick gibt die Beschreibung des 1815 nach Liverpool gekommenen Bootes nach Notizen, die er über Bell's Komet gelesen hat, sagt aber: er könne nach eigener Beschauung versichern, Bell's Boot sei eine Kopie von dem Fulton's. Bell hat jedoch nie Fulton's und Professor Renwick nie Bell's Boot gesehen.

Im Spätjahre 1817 kam Bell's Komet vom Forth wieder zurück auf die Clyde, denn es war ein mächtiges Dampfschiff, gebaut bei den Wood's und genannt Tug, auf jenen Fluss gekommen, welches Fahrzeuge zwischen Grangemouth und Leith schleppte und so dem Gütertransport von der Forthmündung des Clyde-Kanals eine neue Wendung gegeben hatte.

Wenn der Komet durch den Kanal ging, musste jedesmal eines der Schaufelräder abgenommen werden, weil er sonst nicht durch die Schleusenthüren passiren konnte. Den Winter über (1817—1818) lag er bei Helensburgh ganz ungenutzt.

Im Sommer 1818 machte er kleine Fahrten zwischen Helensburgh und Greenock oder Gourock, bisweilen ging er im Loch Long bis Ardentinny, wohl auch im Loch Fine bis Lochgilphead, aber am Broomielaw zu Glasgow erschien er nie, daher denn auch sein Name nicht auf der Liste der Clyde-Dampfboote stand.

Der Komet war nun von seiner schon zahlreichen Nachkommenschaft auf der Clyde eklipsirt. Der immer spekulirende Bell verfiel im Jahre 1819 auf die Idee, ihn Fahrten zu den Hochlanden, nämlich nach Fort William, am südlichen damals noch nicht fertigen Ende des Caledonian-Kanals machen zu lassen.

Dieser Schottland von Fort William gegen Inverness durchschneidende grösstentheils aus länglichen Binnenseen gebildete Kanal sollte, wie man hoffte, bald zur Benutzung eröffnet werden, obgleich er keineswegs die projektirte Vollendung bekommen konnte.

Bell, welcher berücksichtigte, dass nach Eröffnung des Kanals Dampfboote von Glasgow bis Inverness würden gehen können, wünschte sich oder vielmehr einer von ihm zu bildenden Kompagnie die Beschickung dieser wichtigen neuen Wasserlinie mit Dampfbooten zu sichern.

Er hielt es daher für rathsam ausser dem nur zu Fahrten zwischen Glasgow und Fort William bestimmten Komet schon jetzt ein Dampfboot auf dem langen Loch Ness und auf dem obern bereits fertigen Theil des gegrabenen Kanals bis Inverness in Gang zu setzen, welches Boot sodann, wenn Theile des Kanals vom Loch Ness aus gegen Fort William zu beendigt sein würden, seine Fahrten auf diese ausdehnen sollte, um zu dem von diesem Fort nach Glasgow gehenden Kometen Passagiere und Güter so nahe als möglich zu bringen. Hiezu wurde, wie wir sehen werden, das Boot Stirling Castle bestimmt.

Um für's Erste den Komet zu den weiten Fahrten geeignet zu machen, beschloss Bell, ihn um dreissig Fuss zu verlängern und ihm abermals eine neue kräftigere Maschine zu geben.

Die verschiedenen Theile dieser Maschine wurden wieder wie früher die für das Boot Glasgow aus der Helensburgh gegenüber an der Clyde befindlichen Fabrik zu Cartsdyke bei Greenock angefertigt. Die Aufsicht führte diesmal der zu Johnston etablirte Maschinenbauer John Mac Naught, welcher bald, nachdem durch John Anderson und seinen Sohn James im Jahre 1809 die Giesserei zu Cartsdyke eingerichtet worden war, für dieselbe eine kleine Dampf-

maschine gemacht hatte. Der Cylinder, jetzt von einund zwanzig Zoll Durchmesser, wurde von Duncan Mac Arthur's, die zwei neuen, wieder aus Gusseisen-Platten zusammengesetzten Dampfkessel aber von der Baird'schen Fabrik bezogen.

Die Verlängerung des Bootes liess Bell durch gemiethete Zimmerleute am Ufer bei Helensburgh besorgen, wo denn auch die Maschinerie vor seinen Augen eingesetzt wurde.

Die von 1815 bis 1819 im Komet gewesene zweite Dampfmaschine wurde für eine Flachsspinnerei in Arbroath verkauft.

Der verlängerte und mit seiner dritten Maschine versehene Komet machte gegen das Ende des Juli-Monats von Broomielaw in Glasgow seine erste Fahrt durch den Crinan-Kanal, Oban vorbei, nach Fort William; sie fiel befriedigend aus.

Am 2. August (1819, nicht wie Morris schrieb 1812) wurde angekündigt, dass diese Fahrten nun regelmässig stattfinden sollten. Sie wurden bis zum Winter fortgesetzt.

Am 1. März 1820 begannen sie wieder. Sie dauerten bis der Komet, es war am 15. Dezember, unterging.

Er scheiterte von Fort William kommend an der Landecke Craignish. Glücklicherweise waren ausser Bell nur einige wenige Personen auf dem Boot, denn es war zuvor schon an der Landecke Sallachan am Nordende von Loch Linnhe gestrandet und dabei stark beschädigt worden, so dass die zahlreichen Passagiere froh waren, es verlassen zu können. Jetzt brach das auf die Felsen geworfene Dampfboot in zwei Theile. Bell soll damals über den Verlust seines Kometen wie ein Kind geweint haben.

Also an der Landspitze Craignish, nördlich vom Jura-Sund und nicht weit vom Crinan-Kanal, endete das erste in Europa in Gang gekommene Dampfboot seine Existenz in einem Alter von acht Jahren und ungefähr vier Monaten.

Man hat die aus dem Wrack gewonnene Maschine in Glasgow irrig für die ursprüngliche Dampfmaschine des Kometen ausgegeben. Im Gazettier von Schottland wird sie für den Prototyp aller Dampfmaschinen auf Schiffen erklärt. Man fügt hinzu: sie werde als solcher in künftigen Zeitaltern mit Ehrerbietung betrachtet werden.

Niemand weiss, dass dieses die dritte, für den Kometen zusammengesetzte Maschine war. Eben so ignorirt man, dass des Kometen erste Dampfmaschine eine Robertson'sche war.

Bell wünschte natürlich den gescheiterten Kometen ersetzt zu sehen; da er aber nicht die Mittel besass, für sich allein ein neues Boot anzuschaffen, so bemühte er sich eine Kompagnie für diesen Zweck zu bilden.

Wirklich war schon im Sommer von 1821 für eine von ihm zusammengebrachte Gesellschaft ein Boot, wieder Komet benannt, von James Lang in Dumbarton erbaut worden, welches seine Dampfmaschine von Duncan Mac Arthur, die kupfernen Dampfkessel aber von Stephen Miller und Komp. erhielt. Man hatte ihm gerade die Breite der Schleusenthüröffnungen des Crinan-Kanals gegeben.

Dieser Komet II. machte vom Broomielaw aus Fahrten, die sich anfänglich wie jene des ersten Kometen nur bis Fort William erstreckten. Vom Jahre 1822 aber, als der Caledonian-Kanal in seiner ganzen Ausdehnung benutzt werden durfte, fuhr er bis Inverness. Bis zum Jahre 1824 war Robert Bain der Führer, dann ward es Duncan Mac Innes.

In der Beuth'schen Liste steht dieser neu erbaute Komet irrig als das verlängerte ursprüngliche Boot dieses Namens (Comet lengthened).

In der Nacht vom 20. auf den 21. Oktober 1825 stiess auf den von Inverness kommenden Komet II. bei Gourock das erst ganz vor kurzem erbaute Dampfschiff 'Ayr und beschädigte ihn so stark, dass er unmittelbar darauf in's Meer versank, wobei gegen 70 Personen ertranken.

Im folgenden Jahre wurde der versunkene Komet II. durch James Brown, Schiffbauer in Perth, aus dem daselbst zwölf Faden tiefen Meere heraufgebracht. Die kupfernen Dampfkessel waren das Werthvollste.

Der so viele Jahre auf dem ersten und dann auch auf dem zweiten Kometen Kapitain gewesene Robert Bain aus Helensburgh war im Jahr vor dem Schiffbruch des zweiten Kometen auf ein neues 1824 gebautes Dampfboot Ben Nevis übergegangen, welches nun ebenfalls zwischen Glasgow und Inverness Fahrten machte. Ende Dezember 1827 erkrankte er zu Fort William und starb daselbst.

Seine Leiche wurde nach Helensburgh gebracht und auf dem Kirchhofe zu Row begraben. Bell setzte ihm daselbst 1829 ein Jahr vor seinem eigenen Tode ein Monument, auf welchem zu lesen ist, dass Bain 1814 von Bell zum Führer des Kometen ernannt worden, welches Dampfboot 1819 die Stadt Glasgow durch den Crinan-Kanal hindurch mit den Westinseln Schottlands in Verbindung setzte, auch dass Bain in 1822 der erste war, der ein Schiff (diess war der zweite Komet) von See zu See durch den Caledonian-Kanal führte.

Das Monument hatte Bell auf dem Eisenwerk Shott's giessen lassen, welches seit 1801 unter John Baird's Leitung stand. Dieser Herr Baird (auch ein Onkel vom Petersburger Francis Baird) hatte seine industrielle Carrière im Jahre 1798 als Flachsspinner zu Millfeld am Levenfluss in Fifeshire begonnen, wo er auch eine Mauer- und Dachziegel-Fabrik besass.

Das Dampfboot Ben Nevis, welches nach Bain's Tod Duncan Mac Innes zu führen begonnen hatte, ging sehr bald nachher während starken Nebels in einer Bucht der Halbinsel Cantire verloren. Mac Innes war auf dem ersten Kometen, beinahe vom Beginn seiner Fahrten, der Pilot.

Die Eigenthümer des Dampfbootes Stirling Castle hatten im Jahre 1815 ein zweites Boot, Lady of the Lake, zu Fahrten zwischen Stirling nnd Newhaven angeschafft, zu welchen es, nachdem es eine kurze Zeit (1816—1817) auf der Elbe gewesen war, auch zurückkehrte, und da die Konkurrenz der Dampffahrzeuge auf dem Forth stieg, so entschloss sich die Kompagnie im Jahre 1819, das Boot Stirling Castle an Bell zu verkaufen.

Dieser beabsichtigte, wie schon angeführt worden, es auf dem zum System des Caledonian-Kanals gehörigen Loch Ness und auf dem vom Nordende dieses langen Binnensee's zum Meer bei Inverness damals schon beendigten Theil des Kanals Fahrten machen zu lassen.

Bell verbesserte die Maschinerie des Stirling so gut er konnte zu Grangemouth unter der Leitung des Thomas Craig, der sich zuerst bei John Robertson praktische Kenntnisse im Ban von Maschinen erworben hatte. Die früheren Baird'schen aus gusseisernen Platten zusammengesetzten Dampfkessel wichen jetzt kupfernen.

Im Jahre 1820 brachte Bell das Boot vom Forth aus zur See längs der Küste nach Inverness, wo es das Eigenthum einer wieder durch ihn gestifteten Gesellschaft ward. Unter den Aktionairen befanden sich Bell selbst, die Gebrüder Baird, Hugh und Robert, auch der berühmte Ingenieur Telford, der die Oberleitung der Banten am Caledonian-Kanal hatte.

Das am 11. Juli angekündigte Boot machte jetzt Fahrten zwischen Inverness und Forth Augustus am Südende von Loch Ness. Den Terminus bei Inverness bildeten die dort bei Clachnaharry befindlichen Kanalschleusen zu Muirtown. Man nannte den Stirling nun gewöhnlich das Loch Ness Boot (Lochness Steam Packet). Später fuhr es auch weiter bis Forth Augustus herab auf den fertig gewordenen Kanalpartien in Verbindung mit den Seen Loch Oil und Loch Lochy bis zu den Baunavie-Schleusen des Kanals.

Von Forth Augustus und später von Bannavie aus wurden die Reisenden zu Wagen nach Fort William befördert, wo sie wieder ein Dampfboot aufnehmen und nach Glasgow tragen konnte. Dies that Bell's Komet I. während der kurzen Zeit vor seinem Untergang.

Nach Offenlegung des Caledonian-Kanals in seiner ganzen Ausdehnung 1822 machte das Loch Ness Boot wie der Komet II. Fahrten von den Muirtown-Schleusen bei Inverness herab bis nach Fort William.

Damit es nun aber auch wie dieser durch den Crinan-Kanal nach Glasgow zu gehen im Stande sein möchte, liess Bell es 1824 um die Halbinsel Cantire herum zur Clyde bringen, nm die Räderachsen abzukürzen. Zugleich wurde es nm zwölf Fuss verlängert und im Innern so eingerichtet, dass es ausser Passagieren auch Güter führen konnte.

Vom April 1825 an machte nun dieses Dampfboot eben so wie es der zweite Komet schon vom Jahre 1822 an gethan hatte Reisen zwischen Glasgow und Inverness.

Diese Fahrten des Stirling danerten nur zwei und ein viertel Jahr länger als die des Kometen II.

Am 16. Januar 1828 strandete das von Inverness kommende Boot Stirling (Castle), nachdem die Maschinerie bei heftigem Sturm ausser Wirkung gekommen war, am Ufer des Sees Loch Eil, ungefähr sieben Meilen nnterhalb Fort William, bei welchem Ereigniss der Oberst Macdonell von Clanranald und Glengarry

das Leben verlor. Er war, um einer seiner Töchter, die in den See gefallen war, zu Hülfe zu kommen, hinabgesprungen, wobei er mit dem Kopf an einen Felsen schlug.

So wären wir denn dem ersten Vorläufer der europäischen Dampfschiffe, dem Kometen von 1812, bis zu seinem Untergang gefolgt, und hätten uns auch an die Schicksale der drei Dampfboote, bei denen Bell mit Anderen zusammen betheiligt war, erinnert.

Es waren noch nicht drei Jahre nach dem Verlust des letzten der von Bell veranlassten Dampfboote verstrichen, als er an das Ende seiner Laufbahn gelangte. Henry Bell starb am 14. November 1830 in Helensburgh, wo er mehr als 20 Jahre gewohnt hatte, nicht aber, wie Sir John Rennie vor dem Ingenieur-Institut in London sagte, geboren war.

Im Gazettier von Schottland steht: Bell habe keinen Vortheil von seiner „Erfindung" gehabt, weil er entweder zu einfältig war oder nicht die Mittel hatte ein Privilegium darüber zu nehmen, und in der neuesten allgemeinen in Paris herauskommenden Biographie wird gesagt: Bell habe kein Patent genommen, weil seine „Erfindung" von geschickten Ingenieuren für verbesserbar erklärt worden sei.

Die Wahrheit ist, dass Bell kein Patent bekommen konnte, denn Symington besass eines seit 1801. Dieser vermochte jedoch nicht gegen Bell etwas auszurichten wie ich schon früher erwähnt habe.

Bell starb arm. Nur mit grossen Anstrengungen hatte er sich immer die Mittel zur Ausführung seiner Unternehmungen verschaffen können. Oft war es ihm lange nicht möglich das Geld zur Zahlung ausstehender Schulden abzutragen. An Robert Baird, der ihn zuweilen sehr ernsthaft an Rechnungen über gelieferte Maschinerie mahnen musste, schrieb er einmal: You ought to have a felling (feeling) for a pour Crather (poor creature) in poverty.

Die letzte Schrift, welche ich von Bell's Hand besitze, ist datirt vom 30. Oktober 1830, also nur fünfzehn Tage vor seinem Tode. Sie erklärt die Beweggründe, warum er in dem Kirchspiel Cardross eine neue zweite Schule begründet hatte, nämlich weil der Unterricht der Jugend daselbst sehr vernachlässigt war. Diese Schule war ein schönes Denkmal, was sich Bell selbst kurz vor dem Ende seines Lebens errichtet hatte.

Er ward begraben auf demselben Kirchhof, zu Row, wo er im Jahre zuvor dem Kapitain seines Kometen das Monument aus Gusseisen gesetzt hatte.

Acht Jahre später wurde zu Ehren Bell's bei Dunglass am Ufer der Clyde ein allen auf derselben Vorbeifahrenden auffallendes Denkmal erbaut, wozu man freiwillige Beiträge gesammelt hatte.

John Thomson, der Veranlasser des zweiten in Europa in Gang gekommenen Dampfbootes mit einer von ihm selbst verfertigten Maschine befand sich nach dem Verlust desselben eine Zeit lang auf der gerade damals in Glasgow eingerichteten Greenhead-Giesserei und Maschinenfabrik, welche anfänglich James Bryson leitete. In dieser Fabrik wurden von 1815 bis 1817 die Dampfmaschinen für drei bei den Wood's in Port Glasgow gebaute Boote gemacht, nämlich für eine (zweite) Caledonia, für einen (zweiten) Argyle und für den Lord Nelson, welches letztere Boot 1818 den Namen Sir William Wallace bekam.

Die Maschinen für alle drei Boote zeigten sich beim Gebrauch schlecht. Die zwei erstgenannten bekamen nach Verlauf eines Jahres neue Maschinen von derselben Fabrik, aber an die Stelle der Maschine auf dem Lord Nelson, welche ganz nach Thomson's Angabe verfertigt worden war und so schlecht ausfiel, dass ein Prozess darüber entstand, musste Duncan Mac Arthur 1818 eine neue liefern.

Um die Caledonia II. mit ihrer doppelten Maschine los zu werden, glaubte man (1816) am besten zu thun, sie nach London auf die Themse zu bringen, wo sich damals, wie wir sehen werden, schon zwei Dampfboote von der Clyde her befanden. Sie ward daher um den Mull von Cantire herum hinauf zum Pentland Firth durch diesen hindurch in die Nordsee und dann längs der Ostküste von Grossbritannien herab zur Themse geführt.

Boulton und Watt, deren Agent für Schottland Thomson gewesen war, kauften diese Caledonia und versahen sie (1817) mit zwei neuen Maschinen aus Soho, da dann dieses Dampfboot verschiedentlich gebraucht wurde. Unter anderen machte es eine Fahrt auf dem Rhein.

Da Thomson nicht wohl bei der Greenhead-Foundry bleiben konnte, so hatte er sich nach Belfast

in Irland begeben und in dort bestehenden Fabriken zwei Dampfmaschinen, jede von der Kraft von dreissig Pferden, für ein grosses 1820 fertig gewordenes Boot, genannt Belfast, zusammengesetzt.

Da auch dieses Dampfboot anfänglich kein Glück machen zu wollen schien, so engagirte sich Thomson als Ingenieur bei den im Jahre 1821 zu Donaghadee in Irland für Rechnung der Regierung begonnenen bedeutenden Hafenarbeiten. Er starb, ehe dieselben beendigt wurden.

John Robertson, der das dritte Dampfboot in Europa und nachher noch mehrere andere in Gang gesetzt, auch die Maschinen zum allerersten, so wie noch zu sechs anderen verfertigt hatte, war nach dem Verlust seiner Boote in seinen Finanzen so heruntergekommen, dass er sich gar nicht zu helfen wusste. Im Jahre 1834 hatte er den Entschluss gefasst nach Amerika auszuwandern, auch bereits sein bischen Habe veräussert; er blieb aber doch in Schottland.

Ich habe ihn zuletzt 1843, also dreissig Jahre nachdem er die Fahrten mit seinem Dampfboot Clyde auf dem Fluss dieses Namens begonnen hatte, gesehen und zwar in dürftigen Umständen. Wäre ihm für seine nützliche Thätigkeit Reichthum zum Lohne geworden so würde sie nicht so unbekannt geblieben sein.

Bell's Komet mit der von Robertson gekauften, für solch ein Boot viel zu schwachen Maschine hatte die Einwohner Glasgows noch nicht grosse Dinge von der Anwendung des Dampfes zur Bewegung von Wasserfahrzeugen erwarten gemacht. Thomson's Elisabeth gab ihnen Anlass, schon mehr davon zu hoffen.

Als aber am 8. Juni 1813 Robertson mit seinem Dampfboot Clyde die erste Fahrt von Glasgow nach Greenock gemacht und gleich am ersten Tage eine Einnahme von beinahe vierzehn Pfund Sterling gehabt hatte, da ward man erst mit Ernst aufmerksam auf die Wichtigkeit der Dampfschifffahrt.

Ein Glasgower, der sich im Verlauf von Jahren schöne praktische Kenntnisse im Fache der Mechanik erworben, von Bell's Thun aber wenig Gutes erwartet hatte, erhob sich nun, weil er glaubte etwas weit Besseres wie Bell sowohl als Thomson und Robertson leisten zu können.

Dies war Robertson Buchanan. Er hatte, da sein Vater während des Krieges mit Amerika um sein ganzes Vermögen gekommen war, seine Carrière als selbst arbeitender Zimmermann und „millwright" begonnen, war Direktor der grossen Baumwollspinnerei zu Rothesay auf der Insel Bute geworden, hatte London zweimal besucht, sodann in und bei Glasgow verschiedene technische Anlagen und Bauten sowohl entworfen als ausgeführt und von 1807 an ausser einigen Artikeln für Brewster's Encyclopädie drei besondere Traktätchen geschrieben. Das letzte, welches erst 1814 im Druck erschien, handelte von Fabrik- und Mühlen-Maschinerie und ward in der Folge, zusammen mit einem früheren über Räderzähne, von Tredgold mit Noten bereichert und dann von George Rennie neu bearbeitet mit sehr bedeutender Erweiterung herausgegeben.

Gerade eine Woche, nachdem John Robertson's Dampfboot mit so gutem Erfolg in Gang gekommen war und namentlich am 15. Juni 1813 hatten sich vorläufig sechs Glasgower Herren, von Buchanan aufgefordert, verbunden, die nöthige Summe Geldes herbeizuschaffen, um ein Dampfboot nach seinem Plan herstellen zu können.

Ich habe aus den, von der zu diesem Zweck gebildeten Gesellschaft geführten Journalen das Thun derselben genau kennen gelernt.

Man wandte sich alsbald an James Munn, einen Schiffsbauer in Greenock, der nicht lange nachher nach Australien emigrirte, und an den schon oft genannten Robert Baird in Glasgow mit dem Gesuch um Kostenanschläge für die Herstellung eines beiläufig siebenzig Fuss langen und vierzehn einen halben Fuss breiten Fahrzeuges nach Buchanan's Plan mit ganz flachem Boden, so dass es in der damals noch sehr seichten Clyde der Gefahr auf den Grund zu gerathen weniger ausgesetzt sein möchte.

Ich besitze eine von Buchanan am 10. Juni 1813, also zwei Tage nach der ersten Fahrt von Robertson's Dampfboot angefertigte Skizze für die Konstruktion des von ihm vorgeschlagenen trogförmigen Bootes. Sie ist das Produkt seiner Konsultation mit Munn am genannten Tage.

Munn's Kostenanschlag war billiger wie Baird's, an welchen, als Fabrikanten von Gegenständen aus Eisen, Buchanan sich gar nicht hätte wenden sollen. Munn bekam die Ordre für den Bau des Bootes.

Buchanan glaubte, wenn der Dampfmaschinenapparat von Boulton und Watt in Soho bezogen würde,

so müsse sein Boot weit besser fahren als jene, welche Themson und Rebertson mit selbstverfertigten Maschinen versehen hatten.

Man forderte daher Henry Creigthen, den damaligen Kommissienär in Glasgow für die Fabrik zu Soho, auf bei derselben anzufragen, wieviel zwei Dampfmaschinen, jede ven der Kraft ven vier Pferden nebst dem dazu gehörigen Dampfkessel kosten würden. Die Antwort war siebenhundert nnd siebenzig Pfund ohne den Transport. Man bestellte die Maschinen. In Liverpool eingeschifft, langten sie Anfangs Januar 1814 in Port Glasgow an.

Schon vom Oktober 1813 an war Buchanan beschäftigt gewesen an dem Boot die von ihm im Januar dieses Jahres patentirten Ruderräder anzubringen, deren Schaufeln immer in vertikaler Richtung in's Wasser eintreten und so durch dasselbe hindurch gehen sollten. Weil diese patentirten Räder für das Boot bestimmt waren, nannte sich die Gesellschaft: Patent Steam Boat Company.

Das Dampfboet bekam den Namen Princesse Charlotte. Ven der interessanten jungen königlichen Prinzessin Charlette sprach damals Jedermann in Grossbritannien, weil es hiess, sie werde mit dem Prinzen von Oranien vermählt werden. Dies war das dritte Dampfboet, was den Namen einer Dame bekam und das zweite mit dem Namen Charlette.

Es machte seine erste Fahrt mit Passagieren ven Glasgow nach Greeneck am 4. Mai 1814. Die Einnahme war gering. Das Beet ging zu Buchanan's nicht geringem Aerger weit langsamer wie Robertson's Clyde und sogar weniger schnell wie Thomson's Elisabeth.

Im Nevember 1814 wurde beschlessen, Buchanan's Räder, deren excentrischer Mechanismus gar oft beschädigt wurde, durch andere zu ersetzen, welche Henry Houldsworth, damals Besitzer einer grossen Baumwollspinnerei in Glasgow vorgeschlagen hatte. Bei diesen kennten die Ruderschaufeln der Achse des Rades genähert oder von derselben entfernt werden, je nachdem das Boot mehr eder weniger tief im Wasser ging.

Das Boet fuhr auch mit diesen so schlecht, dass die Eigentbümer, die keine Aussicht mehr hatten ihre Unkosten gedeckt zu erhalten, am 1. Januar 1816 zu dem Entschluss kamen dasselbe wo möglich zu verkaufen.

Der Hauptanreger eines alsbald näher zu beschreibenden und nach seiner Tochter benannten Dampfbootes, gebürtig aus dem Norden Irlands, schlug vor, die Princesse Charlotte nach Irland zu senden, wo sich vielleicht am ersten Kaufliebhaber finden würden.

Er übernahm es selbst auf dem Boot hinüber zu fahren, wahrscheinlich, weil er als Händler mit irländischer Leinwand dort Geschäfte hatte. Der Kapitain war Duncan Mac Innes. Zuerst ging man nach Londenderry und von da auf dem Fluss Foyle nach Strabane, dann ward das Boot nach Dublin gebracht, ferner nach Waterford, Yonghall und Cork. An jedem Ort machte es Excursienen, zu welchen sich recht viel Neugierige einfanden, aber Niemand bot einen nur irgend annehmbaren Preis für den Dampfer.

Nach solchem lang fortgesetzten Herumziehen brachte man die Princesse Charlotte im September 1818 auf die Clyde zurück, wo dieses Boot im Dezember den Woods übergeben ward, um es zu verlängern, se dass es 80 Fuss Länge bekäme.

John Wood sagte mir, er habe das Boot in so schlechtem Zustande gefunden, dass er, statt es auszubessern und länger zu machen, ein ganz neues bauen musste.

Mitte April (1819) war es auf dem Werft beendet; es bekam nun den Namen Port Glasgow.

Murdech und Cross in Glasgow, die noch nie Dampfmaschinen für Boote gemacht hatten und auch nachher bless im Jahre 1826 noch zwei anfertigten, lieferten für den Port Glasgow zwei Maschinen, jede von der Kraft von acht Pferden.

Das auf die beschriebene Weise entstandene Boot begann seine ferneren Fahrten auf der Clyde im Juni 1819. Fünf Jahre später ward es an Robertson's Schwager, den Doktor James Stevenson verkauft und wie früher gebraucht.

Die Watt'schen Maschinen waren in die Zitzdruckerei von Denny & Komp. zu Crofthead veräussert werden.

In der vom Gewerbverein in Preussen gedruckten, von Beuth erhaltenen Liste kommt das in historischer und technischer Hinsicht interessante Dampfboot Princesse Charlotte gar nicht vor.

Ein britischer Ingenieur, Robert Stuart, welcher Geschichtliches über Dampfmaschinen und ihre An-

wendung geliefert hat, sagt fälschlich dieses Boot Buchanan's sei das dritte Dampfboot auf dem Clydefluss gewesen. Von Robertson's Boot Clyde, welches wirklich das dritte war, scheint dieser Autor nie etwas erfahren zu haben. Es war aber gerade das über Erwarten gute Beginnen von Robertson's Clyde, welches Buchanan zur Thätigkeit anreizte.

Dass Robertson's so eifriges Wirken zur Einführung der Dampfschifffahrt ganz unbekannt ist, davon wurde während der Versammlung der britischen Association zur Förderung der Wissenschaft 1853 in Hull in meiner Anwesenheit ein Beweis gegeben. Der Ingenieur James Oldham hielt einen Vortrag über den Anfang und Fortgang der Schifffahrt durch Dampfkraft bei Hull. Er wusste bloss aus dem Rockingham, einer Huller-Zeitung von 1814 zu citiren, dass am 12. Oktober jenes Jahres ein Dampfboot, Namens Caledonia, Fahrten auf dem Humber begonnen habe. Aber wo die Caledonia hergekommen war, das wusste er nicht, viel weniger, dass es Robertson's Boot mit einer von ihm gearbeiteten Maschine gewesen. Der Vorsitzende William Fairbairn, der die von mir schon erwähnte unrichtige Erklärung gab, wusste ebenfalls nichts von Robertson's Thun anzuführen.

Die durch Buchanan zusammengebrachte Gesellschaft in Glasgow, welche 1813 das Boot Princesse Charlotte bei James Munn in Greenock bauen liess, kam im August dieses Jahres, als sie noch grosse Dinge von Buchanan's Vorschlägen erwartete, zu dem Entschluss, bei Munn ein zweites, etwas grösseres zu bestellen und auch für dasselbe in Soho zwei ähnliche Dampfmaschinen machen zu lassen.

Es bekam den Namen Prince of Orange, weil man, wie gesagt, damals allgemein glaubte, der Vater des jetzigen Königs der Niederlande werde mit der Princessin Charlotte vermählt werden.

Buchanan wollte auch an diesem Boot die von ihm patentirten Räder mit senkrecht in's Wasser eintretenden Schaufeln anbringen, aber Houldsworth widersetzte sich und brachte es dahin, dass beschlossen wurde, die von ihm vorgeschlagenen Räder, welche sodann wie erwähnt auch das andere Boot bekam, dazu machen zu lassen. Sie hatten neun Fuss Durchmesser; an jedem waren zehn beinahe drei Fuss breite auf und ab bewegliche Schaufeln.

Am 20. Oktober 1814 begann dieses bequem und elegant eingerichtete Dampfboot Prince of Orange regelmässige Fahrten zwischen Glasgow und Greenock, auch Helensburgh, die ich später auch darauf gemacht habe.

Im Juli 1815 ging es aus der Clyde den Cart hinan nach Paisley. Man glaubte, Fahrten von dieser Stadt aus den Cart und dann die Clyde hinab einleiten zu können, es kam aber nicht dazu.

Im August 1818 veränderte man den Namen dieses Dampfbootes in den von Greenock.

Es war Greenock II., denn die Eigenthümer des bald zu beschreibenden Bootes Margery hatten, nachdem dieses 1814 nach London abgefertigt worden war, 1815 ein zweites Boot von Denny in Dumbarton bauen und mit einer Dampfmaschine aus der Fabrik zu Camlachie versehen lassen, welches sie Greenock benannten und 1816 nach Liverpool verkauften.

Im Jahre 1823 ward das Dampfboot Greenock II. zusammen mit dem Port Glasgow von Dr. James Stevenson, dem Schwager Robertson's veräussert. Die Kompagnie, welche die Princesse Charlotte und den Prince of Orange Buchanan's Vorschlägen gemäss hatte bauen lassen, bedauerte sehr, dass sie seinem Rath gefolgt war, denn sie sah sich in ihren Erwartungen schmerzlich getäuscht.

In der mehrerwähnten Beuth'schen Liste von Dampfbooten ist der Greenock II. mit dem Jahre 1817 gedruckt, der Prinz von Oranien mit dem Jahr 1813. Greenock I. fehlt daselbst gänzlich.

Der Lohgerber David Cochran zu Glasgow, für welchen wie schon erwähnt worden Robertson früher eine Dampfmaschine zum Mahlen von Lohe gemacht hatte, und der anfänglich Miteigenthümer seines Bootes Clyde gewesen war, verband sich nach seiner am 27. Juli 1813 erfolgten Trennung von diesem Boot mit einigen andern Personen zur Herstellung eines Dampfbootes, nicht für Passagiere, sondern für Waaren.

Da zu jener Zeit der Clydefluss noch nicht, wie solches später geschehen, bedeutend vertieft worden war, so dass Schiffe, welche Waaren für Glasgow brachten oder von da einzuschiffen hatten, solche in Port Glasgow dem (damaligen) Hafenort von Glasgow, oder in Greenock aus- oder einladen mussten, so rechnete Cochran, dass ein zum Waarentransport zwischen Glasgow und diesen Orten eingerichtetes Dampfboot

nicht nur für den Handel sehr nützlich, sondern auch für seine Eigenthümer einträglich sein müsste.

Er kontrahirte mit dem Besitzer eines Werftes zu Dumbarton, Archibald Mac Lachlan, zu diesem Behuf ein Boot von fünfundsechzig Fuss Länge und siebzehn bis achtzehn Fuss Breite zu bauen. Mac Lachlan übertrug den Kontrakt an seinen Werkmeister William Denny, der in der Folge sehr nützlich für die Ausbreitung der Dampfschifffahrt ward, denn er hat unterstützt von seinem ältesten Sohn John bis zu seinem im Dezember 1833 erfolgten Tode nicht weniger als sieben und zwanzig Boote für dieselbe gebaut und darunter einige merkwürdige, wie noch 1814 die Margery und 1818 den Rob Roy. Letzteres Boot machte zuerst regelmässige Fahrten zwischen Schottland und Irland, nämlich Glasgow und Belfast.

Die Dampfmaschine liess Cochran von einem eben erst in Dale Street, Tradeston, etablirten Maschinisten George Dobbie machen, welcher früher bei James Cook Arbeiter gewesen war. Die Maschine erhielt einen Cylinder von neunzehn Zoll Durchmesser und sollte die Kraft von zehn Pferden besitzen; den Dampfkessel lieferte Thomas Dow.

Das Boot, welches den Namen Trusty bekam, hatte seine Fahrten bereits am 7. April 1814, also noch siebzehn Tage vor der durch Buchanan's Einrichtungen lange aufgehaltenen Princesse Charlotte begonnen. Da es über Erwartung gut fuhr, so richtete man auf demselben eine nicht grosse Cajüte für acht bis zehn Passagiere ein, welche jedoch nicht lange bestand, denn der Waarentransport war einträglicher. Im Verfolge der Zeit wurde die Maschine sowohl als der Dampfkessel oft erneuert, denn dieses Boot erreichte ein hohes Alter.

Dreissig Jahre nach dem Erscheinen des Kometen auf der Clyde, nämlich 1842, fand ich, dass nicht weniger als dreiundsechzig Dampffahrzeuge vom Glasgower Broomielaw Quai aus ihre Fahrten machten, und mit besonderem Interesse bemerkte ich unter ihnen das Boot Trusty. Es war damals das älteste Dampfboot nicht nur in Europa, sondern in der ganzen Welt.

Ich habe noch am 27. März 1843 eine Fahrt darauf gemacht.

In Beuth's Liste steht das Boot Trusty unrichtig als erst im Jahr 1818 erbaut.

Cochran hatte sich, nachdem das eben beschriebene Boot Trusty schon bestellt war, mit Zustimmung der ihm associirten Personen entschlossen noch ein zweites ihm in allen Stücken ähnliches Boot und auch zu demselben Zweck machen zu lassen.

Da Denny in Dumbarton damals schon zwei Boote zu liefern übernommen hatte, so beauftragte Cochran mit dem Bau dieses seines zweiten, William Fife zu Fairlie, einem achtzehn Meilen unterhalb Greenock an der Clyde gelegenen Orte, wo weder vordem noch nachher ein Boot für einen Pyroskaph gemacht worden ist.

Das hier am 19. April 1814 beendigte Boot erhielt von George Dobbie eine der kurz zuvor für die Trusty gemachten ganz gleiche Maschine; der Kessel war auch wieder von Dow. Im Juli (1814) begann dieses Dampfboot, welches den Namen Industrie bekommen hatte, seine Fahrten.

Im Jahre 1843 fand ich auch dieses Boot noch im Gebrauch eben so wie die nur einige Monate ältere Trusty. Die drei der Industrie an Alter zunächst stehenden und damals noch vorhandenen Dampfboote waren wieder alle von William Denny in Dumbarton gebaut; der Active und die Dispatch in 1817, der Samson in 1819.

In Beuth's Liste steht die Industrie, eben so wie die Trusty, unrichtig als erst im Jahre 1818 gebaut.

Zwei Bewohner von Glasgow, welche daselbst, einer wie der andere, mit irländischer Leinwand handelten, William Anderson und John Mac Cobbin, entschlossen sich, durch Robertson's einträgliche Bootfahrten mit der Clyde und durch Cochran's Beispiel angeregt, im Spätjahr 1813 in Dumbarton bei Archibald Mac Lachlan durch William Denny, der damals schon die Trusty in Arbeit hatte, ein Boot zu bestellen, welches achtundfünfzig Fuss lang und nur gegen zwölf Fuss breit sein sollte.

Das für sie im Mai 1814 auf dem Werfte beendigte Boot bekam den Namen von Anderson's ältester Tochter Margery.

In der Penny Cyclopädia ward irrthümlich gesagt, dieses Boot sei, wie der Komet und die Elisabeth von John Wood in Port Glasgow gebaut worden.

Wegen Lieferung einer Dampfmaschine für dasselbe hatte James Cook in Glasgow unterm 11. Oktober 1813 einen Antrag gemacht; man gab ihm die Ordre.

Da James Cook in Glasgow von 1814 an bis 1828 für zweiundzwanzig Fahrzeuge die Dampfmaschinen angefertigt hat und da die eine seiner zwei ersten die für die Margery war, so will ich hier eine kurze Notiz über ihn einschalten.

Geboren 1777 in der Grafschaft Fife hatte er bei seinem Onkel Joseph Cook das „Millwright" Geschäft erlernt und es sodann in Kinghorn bei den Primroses eine Zeit lang getrieben. Darauf kam er zu uns nach Russland um Dreschmaschinen zu bauen, konnte jedoch wegen der im Jahre 1800 entstandenen Verhältnisse nur neun Monate bleiben und reiste nach Schottland zurück. Nachdem er kurze Zeit in Dundee und dann in Berwick gewesen war, kam er nach Glasgow zuerst in die Baird'sche, dann, zusammen mit Thomas Craig, in John Robertson's und zuletzt in William Blaikie's Maschinenfabrik.

Im Jahre 1802 fing er mit einem gewissen John Sinclair zusammen ein Geschäft an, welches er seit 1805 allein fortsetzte. Ehe sich John Thomson für sich selbst einrichtete, war er eine Zeit lang bei Cook der Werkführer. Im Jahre 1813 nahm Cook seinen Cousin David, Sohn des erwähnten Joseph's, für sieben Jahre zum Kompagnon. Sein Leben endete 1833.

Nachdem die Margery mit der von Cook gemachten Dampfmaschine versehen worden war, begann sie am 17. Juli (1814) ihre Fahrten zwischen Glasgow und Greenock; zweimal in der Woche ging sie auch nach Helensburgh.

Im Spätjahr 1814 wurde sie von Anderson und Mac Cubbin an eine in London zur Einführung von Dampfbooten auf der Themse gebildete Kompagnie verkauft.

Nicht nur machte die Margery jetzt eine bedeutendere Seereise als die von Robertson's Caledonia ausgeführte, sondern sie hatte die Ehre, das allererste auf der Themse bei London wirklich zu regelmässigen Fahrten gebrauchte Dampfboot zu werden. Nachher begrüsste sie sogar die Tuillerien in Paris.

Da die Margery, ihrer geringen Breite wegen, durch die Schleusen des Forth- und Clyde-Kanals passiren konnte, so wurde sie auf demselben zum Forth gebracht und sodann längs der Ostküste von Schottland und England zur Themse geführt.

Die mit ihr im späten Herbst unternommene und wie die der Caledonia unbeachtet verbliebene Seereise verdient um so mehr hervorgehoben zu werden, als zu jener Zeit sogar eine Dampfbootfahrt von der Clyde bis Rothesay auf der Insel Bute schon als etwas Gewagtes und nur bei günstigem Wetter Ausführbares galt.

Bei London wurde am 15. Dezember 1814 eine kurze Exhibitionsfahrt mit der Margery angestellt, bei welcher der Lord Mayor, Samuel Birch, begleitet von mehreren Aldermen, sich auf dem Boote befand. Die Penny Cyclopädia sagt fälschlich, die Margery sei 1815 nach London gebracht worden.

Ihre täglichen Fahrten auf der Themse, wo sie das einzige Dampfboot war, begannen am 23. Januar 1815. Sie hiess: the New London Steam Packet Margery. Sie fuhr einen Tag von den Wapping Old Stairs in der Nähe der London Docks hinab nach Milton etwas unterhalb Gravesend und kam immer den folgenden Tag zurück. Bei Gravesend selbst anzulegen ging nicht an, weil nach alten, den Bootsleuten auf der Themse verliehenen Privilegien zwischen Windsor und Gravesend niemand wie sie auf der Themse Passagiere führen durfte.

Die hiedurch veranlassten Unannehmlichkeiten, so wie auch sehr oft nöthig befundene Reparaturen der Maschinerie im Boote bestimmten die Kompagnie zum Verkauf der Margery an ein Pariser Haus, Pierre-Andriel, Pajöl & Komp., welches sich zur Zeit, als man in London die Einführung von Dampfbooten auf der Themse betrieb, in Paris um Privilegien für die Ausübung der Dampfschifffahrt in Frankreich beworben hatte. Die Kompagnie liess sich im Adressbuch von Paris bezeichnen als: Inventeurs des procédés de construction de bâtimens de navigation combinés avec des machines à vapeur.

Andriel hatte den Kauf der Margery in London abgeschlossen und machte auf ihr die Fahrt nach Havre. Das Boot war zwar schon am 9. März (1816) aus der Themse ausgelaufen, konnte aber erst am 17. und 18. die Fahrt von Newhaven nach Havre de Grace vollziehen.

Man hatte den Namen Margery in den von Elisa umgeändert, und als nun am 28. März die „Corvette Elise" von Havre die Seine herauf nach Paris kam, begrüsste sie die Tuillerien mit 21 Schüssen und ankerte ihnen gegenüber am Quai Voltaire, wo das Bureau der Kompagnie war.

König Ludwig XVIII. würdigte das Boot einer Besichtigung. Am 7. und 8. April manövrirte es auf der Seine und ging sodann nach Reuen zurück.

Im Journal des Debats war die „navigation merveilleuse de M. Andriel à bord du bateau à vapeur l'Elise" hervorgehoben worden. Da trat, wie wir schon gesehen haben, der Marquis de Jouffroy auf, der 1783 ein Boot mittels Dampfkraft eine Viertelstunde lang in Bewegung erhalten hatte und dieserwegen für den Erfinder der Dampfschifffahrt angesehen sein wollte. Er brachte es dahin, dass man ihm jetzt ein Privilegium gab, obgleich die erwähnte Kompagnie schon mehrere besass. Es gelang ihm ferner, Personen mit Kapital aufzutreiben, um in Petit-Bercy ein Boot bauen zu lassen. Dieses wurde am 20. August in Gegenwart von Monsieur, dem nachherigen Könige Charles X., vom Stapel gelassen und bekam seinen Namen Charles Philippe.

Die zwei Händler mit irländischer Leinwand in Glasgow hatten nicht geahnt, dass das für sie durch den Anfänger im Schiffbau, William Denny, verfertigte und von dem bei uns in Russland zum Einrichten von Dreschmaschinen gewesenen James Cook mit dem Mechanismus versehene nach Miss Anderson benannte Boot Margery in den Hauptstädten von England und Frankreich so viel Aufsehen erregen werde.

Ich befand mich 1816 in Paris, als man des Marquis Claude Jouffroy's Boot, Charles Philippe, in dem nahe gelegenen Petit-Bercy mit der Maschinerie versah, wurde aber, ehe es noch ganz fertig war, in den letzten Tagen des Novembers nach England zurück berufen. Am 3. Dezember machte es seine erste Fahrt von der Barrière de la Râpée nach Charenton und zurück.

Der Marquis Achille Jouffroy, Sohn von Claude, hat ein in Kupfer gestochenes Bildniss dieses Bootes besorgt mit der Inschrift: Premier bateau à vapeur construit à Paris en 1816 par l'inventeur M. le Marquis Jouffroy.

Die früher als Claude Jouffroy patentirte Kompagnie Andriel, Pajöl und Kompagnie war feindlich gegen ihn gestimmt, und Jouffroy seinerseits wirkte, wo er konnte, gegen sie. Dies hatte zur Folge, dass es weder jener älteren Kompagnie noch der von Jouffroy neu gebildeten damals gelang, Dampfboote in Frankreich mit Erfolg einzuführen. Claude Jouffroy endete, wie schon erwähnt, sein Leben 1832 im Hause der Invaliden.

Fulton's Biograph, Cobden, der nicht wusste, wie und woher das Dampfboot Elise nach Paris gekommen war, schreibt: Im März 1816 wurde auf der Seine ein grosses Boot nach Fulton's Plan von einem Herrn Andriel etablirt. Auch in deutschen Schriften wurden unrichtige Angaben aufgenommen. So steht z. B. in Gilberts Annalen der Physik: Das Handelshaus des Herrn Andriel habe dieses Boot in London bauen lassen, um es zu einem beständigen Packetboot zwischen Paris und London zu gebrauchen.

Um dieselbe Zeit, als die Glasgower Leinwandhändler Anderson und Mac Cuhbin bei William Denny in Dumbarton das beschriebene Boot Margery, später Elise, bestellt hatten, nämlich im Spätjahre 1813, ward in Port Glasgow auf dem Alexander Martin und Komp. gehörigen Schiffswerft für eine Kompagnie ein anderes Dampfboot, lang siebzig, breit voll fünfzehn Fuss, begonnen.

Unter den Personen, welche es bauen liessen, befand sich der schon erwähnte Bürstenmacher in Glasgow, William Norval, dem Robertson eine Dampfmaschine zum Drehen von Kreissägen und von Drechselgeräth für sein Handwerk geliefert hatte und welcher glaubte, guten Rath in Bezug auf die einem Wasserfahrzeug zu gebende Form ertheilen zu können.

Zu Ehren des Grossvaters des gegenwärtigen Herzogs von Argyle bekam das Boot den Namen Duke of Argyle.

Die Dampfmaschine dazu wurde, wie die für die Margery und zwar zu derselben Zeit von James Cook gemacht. Diese Zwillings-Maschinen hatten später in so ferne gleiches Schicksal, dass sie es waren, welche die beiden ersten Dampfboote von der Clyde nach London auf die Themse führten.

Die Maschine für den Herzog von Argyle bekam einen Cylinder von zweiundzwanzig Zoll Durchmesser. Der der Ruderräder war beinahe neun Fuss. Die unter Winkeln von fünfundvierzig Graden darin eingesetzten und in der Richtung alternirenden Schaufeln hatten ungefähr 4 Fuss Länge und eine Breite von voll anderthalb Fuss.

Der Duke of Argyle, welcher wie die Margery seit dem Sommer 1814 Fahrten zwischen Glasgow

und Greenock machte, wurde das beliebteste Dampfboot auf der Clyde. Er fuhr sogar etwas schneller als das Boot Glasgow, denn dieses hatte damals noch nicht seinen Dampfkessel von Cook bekommen.

Im Frühjahr 1815 hatte eine in London zusammengetretene Kompagnie, welche Fahrten zwischen der Metropolis und dem nahe an der östlichen Ecke von Kent liegenden Margate einzuleiten beabsichtigte, George Dodd nach Glasgow abgefertigt, um zu suchen, eines von den auf der Clyde fahrenden Dampfbooten für diesen Zweck zu kaufen. Die von da im November 1814 auf die Themse gekommene Margery hatte zu dieser Sendung Dodd's den Anlass gegeben.

Er war der jüngste von den drei Söhnen Ralph Dodd's, welcher schon im Mai 1814 ein Dampfboot auf dem Tynefluss in Gang gesetzt hatte, war im Dienst bei der Marine gewesen und besass wie sein Vater Talent für's Technische.

Am 14. April 1815 war George Dodd mit mir zugleich in Glasgow zugegen, als ein neues grosses Dampfboot, benannt Britannia, vom Broomielaw-Quai aus zum erstenmal in Bewegung gesetzt wurde.

Es war von einer aus nicht weniger als siebenundsechzig Gewerbsleuten und Professionisten verschiedener Art gebildeten Kompagnie besorgt worden. Zwei der thätigsten Mitglieder waren John Bryce, Brandweinhändler in Gallowgate, und James Muirhead, Weinhändler am Broomielaw-Quai, wo die Dampfboote und andere Fahrzeuge immer landeten. Bryce war der Präses dieser Gesellschaft.

Die von John Hunter in Port Glasgow gebaute in der Beuth'schen Liste gänzlich fehlende Britannia hatte eine auf der Napier'schen Fabrik zu Camlachie verfertigte Dampfmaschine von der Kraft von vierundzwanzig Pferden bekommen; sie ging aber nicht schneller als der Herzog von Argyle mit Cook's Maschine, deren Kraft nur jener von vierzehn Pferden gleich geschätzt wurde.

Dodd entschloss sich daher noch an demselben Tage das letztere Boot zu kaufen; er zahlte dafür zweitausend zweihundert Pfund.

Da dieses Dampfboot zu breit war, um durch die Schleusen des Forth- und Clyde-Kanals zu gehen, damit es sodann gleich der Margery längs der Ostküste von Grossbritannien die Fahrt zur Themse gemacht hätte, so musste es zum Clyde Firth hinaus auf die See und durch den Nord-Kanal, die irische See, so wie den St. George-Kanal der Südwestecke von Cornwall zugeführt werden, dann aber, um Lands-End herum und durch den englischen Kanal gehen.

George Dodd wusste sehr gut, wie muthig Robertson's Caledonia vom Tay her aus der See zu seines Vaters Boot auf die Tyne gekommen war, um ihn zu necken und dass sie sodann wohlbehalten zum Humber gelangte. Da nun auch die Margery vom Forth aus ihre Fahrten zur Themse auf's Glücklichste gemacht hatte, so trug er kein Bedenken, die bezeichnete längere Reise mit dem von ihm gekauften Duke of Argyle zu unternehmen.

Er begann sie am 17. Mai, steuerte in der irischen See hinüber nach Dublin und dampfte sodann um Lands End herum, setzte die Seemänner von Plymouth und Portsmouth, die noch kein Schiff mit einem hohen Schornstein gesehen hatten, in Erstaunen, ging weiter um die Ostecke von Kent herum nach Margate und fuhr endlich am 12. Juni die Themse hinan bis nach Limehouse, wo ein Jahr zuvor, am 14. Dezember, der Lord Mayor von London eine erste Excursion durch Dampfkraft auf der Margery gemacht hatte.

Diese Fahrt Dodd's auf dem Duke of Argyle ist sehr bekannt geworden, weil sich in Dublin ein Mann fand, der sie von da mitzumachen wünschte, um dann von sich etwas darüber laut werden zu lassen.

Dies war Isaac Weld, der früher (1799) eine Reise in Nordamerika, so wie auch (1812) eine Schilderung der Szenerie bei Killarney in Irland gedruckt hatte; Dodd nahm ihn gerne mit, denn er suchte Publicität.

Weld gab seine detaillirte Beschreibung der Fahrt des Dampfbootes im August (1815) an den Professor Pichet in Genf zur Einrückung einer Uebersetzung derselben in die Bibliothèque britannique, von wo sie sogleich in das Journal des Mines, in Delamétherie's Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts und in andere Werke, deutsch z. B. in Gilbert's Annalen der Physik, überging.

Weld hatte sich verleiten lassen, eine Meinung über die Nützlichkeit und die Anwendbarkeit der Dampffahrzeuge überhaupt beizufügen. Er erklärte es für absolut unmöglich mit ihnen lange Reisen zu machen, weil die grosse erforderliche Menge von Heizmaterial ein unüberwindliches Hinderniss sei. Er

gab bloss zu, dass Dampfboote zwischen England und Irland, auch etwa Frankreich, zumal während des Sommers nützlich sein möchten, um die Post zwischen Holyhead und Dublin so wie Reisende zwischen Dover und Calais schnell zu befördern.

Diese Behauptung kann man in den angeführten Journalen lesen, aber in Frazer's Magazin, in welchem 1848 Weld's Beschreibung aufs neue vor das britische Publikum gebracht ward, ist die Vorhersagung nicht etwa für eine unrichtige erklärt, sondern vielleicht aus Schonung geradezu ausgelassen worden.

Zu tadeln ist, dass Dodd's Ueberführung des Duke of Argyle von der Clyde auf die Themse betitelt ward als: „Erste Reise mittels Dampf auf den britischen Seen," da doch Robertson's Caledonia und Anderson's Margery schon früher solche Fahrten gemacht hatten.

In Putnam's „Progress der Welt" von 1851 wird erwähnt, das erste auf der Themse gewesene Dampfboot habe 1815 Dodd aus Glasgow dahin gebracht. Eben so irrig wird daselbst angeführt, in England sei das erste Dampfboot 1815 gemacht worden. Im United Service Journal für 1837 steht, das Dampfboot Rob Roy habe 1815 Fahrten von der Clyde nach Belfast begonnen, da dieses doch erst im Jahre 1818 stattfand, und in der so eben (1854) in beiden Hemisphären gleichzeitig in englischer Sprache erschienenen Encyclopädie der nützlichen Künste von Tomlinson wird nun gar gesagt, das erste seefahrende Dampfboot sei 1815 etablirt worden zwischen Glasgow und London, welche absurde Angabe aus Verkennung des Anlasses zu Dodd's Fahrt auf dem Argyle entstanden ist.

In dieser neuesten technischen Encyclopädie wird Symington's Thun in Bezug auf die Anfertigung der ersten Dampfboote in Schottland ganz falsch beschrieben. Das Boot von 1788, welches nur auf einem Teich bei Miller's Landhaus in Dumfriesshire probirt wurde, soll „von Miller einem Herrn von Dalswinton nahe beim Forth- und Clyde-Kanal als das erste profitable Dampffahrzeug erbaut worden sein und soll auf diesem Kanal Fahrten gemacht haben; erst, im Jahre 1788, fünf Meilen und nachher mit grösseren Ruderrädern sieben Meilen in der Stunde." Ein anderes, 1801 erbautes Dampfboot, Charlotte Dundas, soll viele Jahre lang auf demselben Kanal als Zugschiff für schwer beladene Fahrzeuge gedient haben. — Man meint Watt's Einrichtungen seien Symington nützlich gewesen.

Es ist zu bedauern, dass in England in einer Encyclopädie Symington's frühe Leistungen so entstellt werden, da, bis wir über die Versuche, welche ungefähr um dieselbe Zeit von Furnan und Ashton bei Hull gemacht sein sollen, positive Auskunft mit Daten erhalten, das von **Symington 1788 für Miller eingerichtete kleine Dampfboot das erste in Grossbritannien verbleibt.**

Wenn in einer neuen englischen Encyclopädie solch unrichtige Nachrichten über die durch Symington auf dem Forth- und Clyde-Kanal gemachten Versuche gedruckt werden, so möchte man entschuldigen, dass in Gehler's physikalischem Wörterbuche die grossen Mengen der schon vor 1826 auf diesem, auf dem Ardrossan und auf dem Monkland-Kanal gefahrenen Passagiere als ein Beweis der seit 1812 stattgefundenen Vermehrung der Dampfboote und ihrer Benutzung angeführt ist, da doch auf diesen Kanälen die Boote gar nicht durch Dampfkraft in Bewegung gesetzt, sondern durch Pferde gezogen wurden.

Der mit James Watt's Mutter, einer Muirhead (damals Muirheid geschrieben) in weitläufiger Verwandtschaft stehende Autor dieses Namens, welcher sich bestrebt das Publikum mit Watt's Thun bekannt zu erhalten, hat ganz kürzlich in einem aus drei Bänden bestehenden und Watt's nach Gutbefinden beschnittene Korrespondenz enthaltenden Werke gedruckt, es seien 1815 zwei Boote von der Clyde auf die Themse gekommen, da doch die Margery schon 1814 ihre Reise dahin machte; von Robertson's Caledonia scheint James Patrik Muirhead nie etwas gehört zu haben.

Um Watt ein ihm abgehendes Verdienst in Bezug auf Dampfschifffahrt zuzumessen, erinnert Muirhead in diesem neuesten Werke daran, dass Watt 1770 in einem Brief die Schraube (a spiral oar) als ein Bewegmittel für ein Boot erwähnt habe. Er gibt sogar ein Facsimile von diesen Zeilen, unterlässt aber dabei zugleich deutlich anzuführen, dass, nachdem die Person, an welche Watt schrieb, nämlich Dr. William Small in Birmingham, ihm geantwortet hatte, die Schraube sei von ihm schon früher versucht und nicht gut befunden worden, Watt bald darauf Small brieflich mittheilte, er halte selbst nichts mehr davon. Die-

sem ungeachtet sagt Muirhead: Jene von ihm im Facsimile dargestellten Worte Watt's fügen noch einen Lorbeerkranz zu den übrigen von ihm gewonnenen hinzu und zeugen wie weit sein Genie und sein Scharfsinn seinem Zeitalter vorangeeilt waren.

Dr. William Small, der einige Jahre als Professor der Mathematik und Physik in Amerika zugebracht hatte, war ein Mann, der von einem Projekt zum andern überging. Bemerkenswerth ist, dass er schon 1770 wünschte, Dampfkraft für Boote auf Kanälen anzuwenden.

Die ersten Boote in Europa, welche ihre Dampfmaschinen von der Fabrik zu Soho bekamen, nämlich die Buchanan'schen, waren wie wir gesehen haben die allerunvortheilhaftesten, ohne dass übrigens die Schuld an der Fabrikation der Maschinen, die jedoch zu schwach waren, lag.

Watt war auch nicht glücklich in seinem Prognostikon in Bezug auf die Lokomotive. Er schrieb 1786 an Dr. Black, er habe wenig Hoffnung, dass Räderwagen mit Nutzen durch Dampf in Bewegung gesetzt werden können.

Es kostete Watt nichts, später an Professor Robison den eitlen Ruhm zu überlassen, früher die Idee, Räderwagen durch Dampf zu bewegen, ausgesprochen zu haben. Robison war Watt in pekuniärer Hinsicht sehr wesentlich nützlich geworden, als einer der Zeugen zu seinen Gunsten in dem Prozess wegen des Patentrechtes.

Es möchte für das russische Publikum nicht ohne Interesse sein zu wissen, dass der in Kronstadt beim See-Kadettenkorps angestellt gewesene Robison verstanden hat, seinen Aufenthalt bei uns zur Bereicherung Boulton's und Watt's beitragen zu machen, und dass dazu die Namen unseres damaligen Hofapothekers Model und des gewesenen Mitgliedes unserer Akademie Aepinus, beide als Gelehrte wohl bekannt, habe dienen müssen.

Durch das auf nicht weniger als dreissig Jahre ausgedehnte Patentmonopol Watt's wurden manche Theile der Industrie Grossbritanniens in ihrem Fortschreiten gehindert. Mehrere Fabrikanten, um nicht unthätig zu verbleiben, hatten mechanische Einrichtungen gemacht, die mit den von Watt patentirten in Kollision kamen. Bei dem desswegen von Boulton und Watt eingeleiteten Prozesse war einer der bedeutendsten Vertheidigungsgründe die Unzulänglichkeit und Unverständlichkeit von Watt's Beschreibung seiner Erfindungen.

Robison, der obschon kränkelnd aus Edinburgh nach London gekommen war, um zu Gunsten seines alten Bekannten Watt's Zeugniss vor Gericht abzulegen, zog bei dem Verhör aus seiner Tasche ein Papier, welches er als einen von ihm in Kronstadt erhaltenen offiziellen Rapport bezeichnete, und sagte die darauf sichtbare Bleistiftskizze habe der Hofapotheker Model eines Abends beim Thee gemacht, um Aepinus die von ihm, Robison, damals wörtlich mitgetheilte Einrichtung von Watt's separatem Kondensator einleuchtend zu machen.

Richter und Jury, durch das Vorzeigen eines von Robison in Russland erhaltenen Schreibens überrascht, nahmen die darauf befindliche flüchtige Bleistiftskizze, welche vom Hofapotheker Model gemacht sein sollte, die aber auf jeden Fall mit Watt's vom Gesetz verlangten Spezifikation nichts zu thun hatte, als einen Beweis an, dass Watt's patentirte Einrichtung leicht verständlich sein müsse. Boulton und Watt gewannen den Prozess und wurden dadurch sehr reich. Watt schrieb an Dr. Black in Bezug hierauf, Robison hätte Wunder bewirkt.

Muirhead, wie alle seine Vorgänger, ignorirt John Robertson's frühe Thätigkeit in Betreff der Dampfschifffahrt in Europa und schreibt Cleland nach: Bell habe die erste Maschine zu dem Kometen selbst konstruirt; er fügt auch wieder hinzu, dieses Dampfboot habe Anfangs 1812 seine Fahrten auf der Clyde begonnen.

Um von Bell's Kometen zur Caledonia (II.), für welche 1817 in Soho neue Maschinen gemacht wurden, überzugehen, nennt Muirhead bloss die zwei Boote Glasgow und Morning Star, das letztere mit unrichtigem Datum. Dieses von Ralph Rae in Kincardine erbaute Boot war nicht, wie er sagt, 1814, sondern erst 1815 fertig geworden und machte auf dem Forth Fahrten zwischen Alloa und Newhaven bei Leith.

Es wird fälschlich von Muirhead behauptet, die von James Watt, dem Sohn, im Oktober 1817 auf der Caledonia (II.) zum Rhein gemachte Fahrt sei die erste von Britanniens Küste weg und über den englischen Kanal ausgeführte Reise mit einem Dampf-

boot gewesen. Muirhead bemerkt noch ausdrücklich, es hätten also in Soho fabrizirte Maschinen zuerst ein Boot über den Kanal und auf den Rhein getrieben.

Wir kennen bereits die Fahrten der Robertson'schen Caledonia (I.) vom Tay zum Humber, die der Margery und die des Duke of Argyle von der Clyde zur Themse. Auch haben wir gesehen, dass im März 1816 der Pariser Andriel von der Themse aus zur Seine auf der Margery (Elise) seine „navigation merveilleuse" machte.

Das englische Dampfboot Defiance, dessen Maschine zwei horizontal liegende Cylinder hatte, war im Mai 1816 von Margate aus erst zur Insel Walcheren und dann nach Rotterdam gefahren, wo es von dem desswegen aus dem Haag dahin gekommenen König der Niederlande, dem Grossvater des jetzt regierenden Königs, in Augenschein genommen wurde. Späterhin fuhr es den Rhein hinan und am 12. Juni befand es sich vor Köln. Diese, und nicht die von Muirhead dafür ausgegebene war die erste Fahrt eines Dampfbootes auf dem Rhein.

Ebenfalls im Mai 1816 hatte sich in Glasgow eine Kompagnie gebildet, um auf der Elbe zwischen Hamburg und Cuxhaven die Schifffahrt durch Dampf einzuführen, wozu der Glasgower Peter Kinnaird ein Privilegium erhalten hatte.

Die Kompagnie kaufte das von John Gray in Kincardine gebaute Boot Lady of the Lake, welches seit dem August 1815 Fahrten auf dem Forth zwischen Stirling und Newhaven gemacht hatte. Im Juni 1816 ging es von Schottland zur Elbe ab. Da James Cook die Dampfmaschine dazu gemacht hatte und Mitglied der „Elb-Kompagnie" war, so sandte er seinen Bruder, J. Watson Cook als Führer des Dampfbootes mit; er hoffte vom Kontinent Ordres für Maschinerie zu erhalten.

Die Lady of the Lake gelangte am 17. Juni nach Hamburg und begann am 19. ihre Fahrten von da nach Cuxhaven. Da dieses Boot im Verfolg keine guten Geschäfte machte, so kehrte es im August 1817 von der Elbe auf den Forth in Schottland zurück, wo es dann wieder wie früher gebraucht wurde.

Im Jahre 1816 war das englische Dampfschiff Majestic von Margate in England hinüber nach Calais in Frankreich gefahren.

Im Herbst desselben Jahres hatten zwei von James Munn für die „Dublin Steam Packet Company" gebaute und von James Cook mit Maschinen ausgerüsteten Dampfboote, Britannia (II.) und Hibernia, Fahrten zwischen England und Irland, namentlich zwischen Holyhead und Dublin, begonnen und eine Zeit lang fortgesetzt. Diese Dampfboote waren sowohl für die Briefpost als für Passagiere bestimmt; die Maschinerie erwies sich aber nicht kräftig genug und die Fahrten mit denselben mussten eingestellt werden.

Das Boot Caledonia (II.) selbst hatte, wie wir wissen, die so weite und gefährliche Reise von der Clyde um den ganzen hohen Norden von Schottland herum, nachher aber in der Nordsee herab bis zur Themse mit Dampfkraft jedoch bei günstigem Winde Segel nutzend gemacht.

Muss es nicht auffallen, dass nach so vielen mit Dampfbooten auf der See vollzogenen Fahrten Muirhead, indem er die Geschichte der Dampfmaschine erläutern will, eine erst im Oktober 1817 auf der Caledonia (II.) von Margate aus nach Rotterdam und dann den Rhein hinauf bis Koblenz von Watt, dem Sohn, unternommene Lust- und Spekulationsfahrt als etwas Neues und Grosses darzustellen sucht?

Er schildert diesen Watt als einen Helden, der ein kühnes gefahrvolles Unternehmen gewagt habe. Er wendet auf ihn eine Stelle aus Horaz's Ode an das Schiff, welches Virgil nach Griechenland führte, an, wo Horaz sagt: Illi robur et aes triplex circa pectus erat, und da Muirhead glaubt, die Anwohner des Rheins hätten früher kein Dampfschiff gesehen, so lässt er die Grosszahl derselben mit Verwunderung, einige aber mit Schrecken auf das von Watt befahrene Dampfschiff schauen und citirt eine Zeile aus Dante's Hölle, wo Rauch in der Luft und Schaum auf den Wasserwogen erwähnt werden.

Muirhead theilt noch mit, dass am 14. Juli 1818 auf dem Boot Caledonia (II.) ein Franzose und Chantrey (der des alten Watt's Büste gemacht hatte) von London auf dem Themsefluss bis zum Nore Leuchtthurm und zurück gefahren seien; davon aber schweigt er, dass damals bereits ein von William Denny erbautes und von David Napier mit der Maschine versehenes Rob Roy benanntes Dampfboot zwischen Schottland und Irland, nämlich Glasgow und Belfast, regelmässige Fahrten machte, welche als die ersten

für die Dauer in Europa eingeleiteten Seefahrten anzusehen sind.

Das für die Zukunft Grosses versprechende vom Dampfboot Roh Roy gegebene Beispiel war die Veranlassung, dass Seine kaiserliche Hoheit der hochseelige Grossfürst Michail Pawlowitsch in Begleitung von Seiner Durchlaucht dem Feldmarschall Fürsten Passkewitsch dasselbe damals einer Besichtigung würdigte.

Den in kaiserlich königlich österreichischen Diensten gestandenen und als Feldmarschall-Lieutenant 1822 verstorbenen Sebastian Maillard, dessen Schrift über die Theorie der Dampfmaschine unsere Akademie der Wissenschaften mit dem 1780 ausgesetzten Preis von hundert Dukaten 1783 gekrönt hat, und den sie 1788 zu ihrem Korrespondenten erwählte, stellt Muirhead als einen französischen Autoren auf. Auch erinnert er, und zwar mit grossen Buchstaben, an das von Arago in vollem Ernst dem Institut 1834 in seiner „brillanten" Eloge über Watt vorgetragene Mährchen, nach welchem des Letzteren Tante (NB.) Miss Muirhead, ihm als Knaben bei der Theekanne von „Condensation" der Dämpfe gesprochen haben soll*).

Nachdem Dodd mit dem Duke of Argyle auf der Themse angelangt war, wechselte man den Namen des Dampfbootes in den der Themse (Thames) um, und die Kompagnie, deren Eigenthum es jetzt war, nannte sich: Thames Steam Packet Company.

Das Dampfboot Thames machte eine Zeitlang die projektirten Fahrten zwischen London und Margate; weil aber im Jahre 1816 ein etwas grösseres und kräftigeres Dampfboot, the Regent, auf diese Station kam, so wurde die Thames, wie früher die Margery, zu Fahrten zwischen London und Gravesend gebraucht. Sie fuhr geleitet vom Capitain Paine des Morgens von der Tower Stairs in London ab und kehrte des Abends von Gravesend zurück. Im folgenden Jahre (1817) wurde, weil sich die Zahl der Fahrlustigen stark mehrte, ein zweites Dampfboot, genannt the Sons of Commerce, zu ähnlichen Fahrten zwischen London und Gravesend bestimmt. Gegenwärtig wimmelt es bekanntlich von Dampfbooten auf der Themse.

George Dodd, welcher das Boot Duke of Argyle, nachher Thames, nach London geleitet hatte, und überhaupt bei Einführung der Dampfschifffahrt auf der Themse thätig war, endete seine Carrière noch kläglicher wie sein Vater. Ich kannte ihn 1815 als einen energischen unternehmenden Mann. Am Abend des Tages, an welchem er den Duke of Argyle gekauft hatte, erzählte er mir, was er alles für grosse Dinge auszuführen im Sinne habe. Er wollte vollkommen schussfeste Dampffregatten bauen u. d. m. Getäuscht in vielen seiner Hoffnungen und Erwartungen, ergab er sich späterhin dem Trunke. Er ward einst mit andern während der Nacht in der City auf der Strasse Aufgerafften am Morgen vor den Lord Mayor gebracht, der ihn mit Erstaunen und Bedauern als den früheren Dampfbootsbeförderer auf der Themse erkannte. Bald darauf starb er ganz elendiglich.

In englischen Büchern ist irrig erwähnt, der (Duke of) Argyle sei bei den Wood's in Port Glasgow gebaut worden. Ferner steht vielfältig, z. B. in der Penny Cyclopädia, angegeben, der ursprüngliche Name des Dampfbootes Thames sei Glasgow gewesen, was denn auch zweimal und noch dazu mit falschen Daten, wie ich schon bemerkt habe, in der Beuth'schen Liste steht, in welcher dagegen das so merkwürdige Dampfboot Herzog von Argyle gänzlich fehlt.

*) Nach Arago's Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturkunde sagte Madame Muirhead eines Tages zu ihrem Neffen: „James, ich habe nie einen trägeren Jungen gesehen wie du bist. Nimm doch ein Buch und beschäftige dich auf eine nützliche Art; schon seit mehr als einer Stunde hast du nicht ein einziges Wort gesprochen. Weisst du wohl, was du während dieses langen Zeitraumes gethan? Du hast den Deckel der Theemaschine heruntergenommen, du hast ihn wieder daraufgethan und ihn aufs neue weggenommen und in die Dampfströmung, die von der Kanne ausgeht, bald eine Untertasse, bald einen silbernen Löffel gebracht; du strengtest dich an, die Tröpfelchen zu untersuchen, unter sich zu vereinigen und aufzufangen, welche die Verdichtung des Dampfes an der Oberfläche des Porzellans oder des polirten Metalles bildete. Heisst das nicht von seiner Zeit übeln Gebrauch machen?

Anmerkung der Redaktion.

Konservirung der Hölzer nach dem Verfahren Boucherie.

(Mit Zeichnungen nach Seite 152.)

Das System der Konservirung der Hölzer nach Dr. Boucherie hat in Europa eine grosse Verbreitung gefunden. Ein Cessionair der betr. Patente, Herr Autier, ein Mann von grosser Geschicklichkeit und begabt mit einem seltenen praktischen Sinne, hat uns die Instruktionen mitgetheilt, welche er für die Werkmeister auf seinen vielen Bauholzplätzen ausgearbeitet hat. Wir entnehmen daraus Folgendes:

Instruktion über die Präparation.

Ursache des Faulens der Hölzer. — Wenn in Hölzern, die dem gleichzeitigen Einfluss der Luft und der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, eine eiweissund stickstoffhaltige Masse vorhanden ist, so wird dadurch jene Veränderung bewirkt, welche wir Fäulniss nennen. Es findet dabei eine Entbindung von Kohlensäure und in Folge dessen die Zersetzung statt. Da die Gährung der stickstoffhaltigen Masse die gemeinschaftliche Ursache zur Zerstörung der vegetabilischen und animalischen Stoffe ist, so entzieht man diese Wirkung den Hölzern durch antiseptische Mittel, welche zur Erhaltung der animalischen Stoffe geeignet sind. Indem sich diese Kräfte mit der stickstoffhaltigen Masse verbinden, neutralisiren sie dieselbe und verhüten die Fäulniss.

Verfahren bei der Erhaltung des Holzes nach Dr. Boucherie. — Diese Methode ist auf dem doppelten Prinzip basirt:

1. Anwendung eines antiseptischen Stoffes;

2. das Ausstossen des Saftes und aller natürlichen Nahrungskräfte, welche in den Poren des Holzes enthalten sind und den grössten Theil des stickstoffhaltigen eiweissartigen Stoffes in Lösung erhalten; es findet sich daher die Konservirung in zweifacher Art gesichert, und zwar durch die Vernichtung der verfaulbaren und durch die Einführung antiseptischer Elemente, die sich mit den eiweisshaltigen Stoffen verbinden, welche an den Wänden der Saftadern anhaften.

Bemerkung. — Ein Theil der natürlichen Säfte, welche sich an den Wänden der Längenadern befinden, ist zur Erhaltung der Hölzer nothwendig, um die Fixirung des schwefelsauren Kupferoxyds zu sichern; die doppelte Verbindung der Stoffe bildet gewissermassen einen innern Anstrich, der sowohl in der Erde wie im Wasser als auch in der Luft unauflöslich ist.

Auflösung des schwefelsauren Kupferoxyds. — Unter den versuchten verschiedenen antiseptischen Stoffen hat Dr. Boucherie die besten Resultate durch die Anwendung des schwefelsauren Kupferoxyds erlangt, das in Wasser aufgelöst wird. Ist es aber zu schwach, so besitzt es wenig Wirksamkeit, wenn man in den gewöhnlichen Grenzen der Präparation verbleibt; ist es zu konzentrirt, so verstopft es die Kanäle an den Einführungspunkten; es verbrennt gewissermassen das Holz und bereitet dessen Zerstörung durch die Zersetzung (désagrégation) vor, während es dasselbe vor der Fäulniss schützt. Die Erfahrung hat bewiesen, dass es am vortheilhaftesten ist, wenn man ein Kilogramm schwefelsaures Kupferoxyd in 100 Liter Wasser auflöst und die Lösung einen Grad an der Soolenwaage von Beaumé zeigt.

Für die Aufseher in den Werkstätten, selbst für die erfahrensten, ist es schwierig, mit der Soolenwaage gehörig zu dosiren, und es ist dies um so schwieriger mit Genauigkeit auszuführen als das Verhältniss der Niederschläge wegen der mehr oder minder bedeutenden Mischung der saftigen und andern Stoffe jeden Augenblick wechselt. In der Praxis verfährt man folgendermassen: Beim Anfange ist es leicht das reine Wasser genau zu dosiren, denn man kennt den kubischen Inhalt der Tonnen; nach Verlauf von einigen Tagen weiss der Werkführer, welchen Kubus von Holz er in 24 Stunden zubereitet; er multiplizirt diesen Kubus (nach dem wirklichen Volum) mit 5k50 und theilt das Produkt mit 24, wodurch er das genaue Gewicht des Sulfats erhält, das jede Stunde zur Lösung zu bringen ist. Die beiden Kolumnen (Kuben und zu verwendendes schwefelsaures Kupferoxyd) des Geschäftsbuches in der Werkstatt, das jeden Tag in Ordnung erhalten werden muss, sichern die Richtigkeit der

Dosage; der Werkstättenaufseher überzeugt sich von Zeit zu Zeit mit einer empfindlichen Luftwaage von der Regelmässigkeit der Dosage und ob der Arbeiter, der damit beauftragt war, die schwefelsaure Lösung jede Stunde hinzu zu thun, seine Arbeit gehörig verrichtet hat.

Grünes Holz. — Um das Holz nach Boucherie's Verfahren zu präpariren, ist es erforderlich, dass der Saft seine ganze Flüssigkeit behalte und durch die einzuführende antiseptische Flüssigkeit leicht vertrieben werden kann. Im Allgemeinen erstarrt der Saft nach dem Fällen anfänglich an den abgeschnittenen Enden, und da diese Erstarrung die Wirkung hat, die Poren des Holzes zu verschliessen, so geht daraus hervor, dass aller auf diese Weise eingeschlossene Saft unmöglich zu vertreiben und eine andere Flüssigkeit in das Innere einzuführen ist; indessen kann man das Holz dazu vorbereiten, indem man an den Enden ein grösseres oder kleineres Stück absägt, dessen Grösse sich nach der Zeit richtet, welche seit dem Fällen verflossen ist. Diese Zeit darf indessen nicht zu bedeutend sein, denn in solchem Falle würde das Erstarren so weit vorgeschritten sein, dass jede Präparation unmöglich wäre. Es hängt übrigens diese Zeit von der Jahreszeit und dem Klima ab und muss in jedem besonderen Falle festgestellt werden.

Jahreszeit zum Fällen des Holzes. — Für das nach Boucherie's Verfahren zu präparirende Holz ist die günstigste Zeit zum Fällen diejenige, wo der Saft am unthätigsten ist und die meiste Flüssigkeit besitzt, also genau dieselben Bedingungen wie auch bei dem Holze, das nicht präparirt werden soll. Der Winter, die niedrigen Temperaturen sind für das zu präparirende Holz wegen der geringen Thätigkeit des Saftes, der alsdann klar und reichlich ist und keine Gährung erleidet, gleich günstig.

Bemerkung. — Die Bäume werden im Jänner, Februar und März gefällt, um im März, April, Mai und Juni präparirt zu werden. Die Hölzer, welche in den drei ersten Monaten des Jahres gefällt sind, enthalten in ihren Adern einen reichlichen und klaren Saft, welcher bei den früher gefällten Hölzern bis Ende Juni beinahe in demselben Zustande verbleibt. Man hat dafür Sorge zu tragen, dass die Bäume sogleich nach dem Fällen abgeästet werden, um das Austreten des Saftes zu verhindern. Die ästigen Theile, welche noch zu den zu präparirenden Theilen gehören, werden 0m05 oder 0m06 vom Stamm abgehauen, um im Augenblick der Präparation wieder aufgefrischt zu werden. Die angegebene Zeit des Holzfällens korrespondirt vollkommen den gewöhnlichen Epochen der Waldnutzung; da das in dieser Jahreszeit geschlagene Holz nur klaren Saft enthält, so ist es weniger der Fäulniss fähig, als wenn es sich in der Gährung befindet. Gewöhnlich ist es die Zeit vom 15. April bis Ende Mai, in welcher der Saft gährt und im Innern der Gefässe teigig wird. Die in dieser Zeit gefällten Hölzer lassen sich schwer und nur unvollständig präpariren; die Erle z. B. widersteht oft. Es muss daher das Schlagen in dieser Zeit soviel als möglich vermieden werden. Uebrigens haben die Zweige und Wipfel der in einer solchen Epoche geschlagenen Hölzer geringen Werth; sie zersetzen sich nach Verlauf von zwei bis drei Monaten gänzlich, wenn sie auf dem Boden bleiben; es ist nicht selten, Buchenstämme zu sehen, welche, wenn sie in der schlechten Jahreszeit gefällt wurden, im Monat August den Brand haben und vernichtet sind.

Nimmt man am Ende des Monats Juni oder Anfangs Juli das Fällen der Hölzer vor, welche präparirt werden sollen, so ist es alsdann wesentlich, dass die Holzhauer die Bäume sogleich nach dem Schlagen zöpfen, weil sonst ein grosser Theil des Saftes, derjenige, welcher immer der klarste und der am wenigsten leimartige ist, durch die Aufsaugung von den Blättern, welche zahlreich sind und in den Monaten Juni, Juli und August eine bedeutende aufsteigende Kraft haben, dem Stamm entzogen wird. Während dieser dreimonatlichen Periode muss man so viel als möglich die Hölzer binnen acht Tagen nach ihrem Fällen präpariren und es muss dafür Sorge getragen werden, dass man sie nur nach Massgabe der Zubereitung zerschneidet. Da die Trockenheit binnen einigen Tagen an den Enden der früher geschnittenen Hölzer tief eindringen würde, so würde man sich, um den Saft in Fluss zu bringen, wegen der Erstarrung der leimartigen Theile des Saftes und durch das Eindringen der Luft, die sich an die Stelle des klaren Theils des verdünsteten Saftes setzt, grosse Schwierigkeiten bereiten. Diese Luft, welche einerseits von den Längenkanälen und anderseits von einer Art sehr nahe aneinander liegender, durch die Erstarrung des klebrigen

Theils entstandenen Querdämme zurückgehalten wird, besitzt eine solche Spannkraft, dass sie oft drei bis vier Stunden hindurch einer Wassersäule von 10m0 das Gleichgewicht hält, wenn man Hölzer präparirt, die bloss seit zwei oder drei Tagen zerschnitten sind. Fig. 1 nach Seite 152 kann einen Begriff davon geben, wie der Vorgang in dem getrockneten Theil des Holzes beschaffen ist.

In einem warmen Klima, und besonders wo die geschlagenen Hölzer entlaubt oder von den auf dem Stamme stehenden Bäumen vor der Sonne nicht geschützt sind, ereignet sich, dass sich in den Monaten Juli und August die Rinde hebt und sich nach Verlauf von 12 bis 15 Tagen abschält. Die gefällten Bäume trocknen aus, und diejenigen Theile, welche den Sonnenstrahlen am meisten ausgesetzt sind, nehmen die Präparation durchaus nicht an; in dieser Beziehung gibt die Erfahrung die Grenzen der Zeit an, in denen man verbleiben muss.

Die in den Monaten September, Oktober und November geschlagenen Bäume werden in einem Zeitraume nach dem Fällen präparirt, der um so länger ist, als sie in einer vorgerückten Zeit geschlagen wurden; so präparirt man die am 1. September gefällten sehr gut vom 15. bis zum 20. desselben Monats; die, welche es im Oktober sind, können bis Ende November warten. Indessen muss man immer denselben Verschriften folgen als bei den Hölzern, welche vor dem 15. April geschlagen wurden.

Im Allgemeinen wird die Vegetation vom 1. September, immer aber vom 15. d. M. ab schwächer, die Blätter werden gelb und fallen kurze Zeit nachher ab. Der Saft wird klar und die Längenkanäle werden von einem grossen Theil der wässrigen Stoffe befreit. Das Fällen der Hölzer für die Präparation, vom 1. September ab, ist also ganz gleich mit dem Abholzen der Wälder. Die Blätter sitzen nicht mehr fest an den Zweigen, lösen sich beim ersten Frost ab und vermindern den Werth der kleinen Zweige nicht, die man zu Faschinen bestimmt hat. Die Zweige und Wipfel der Bäume verderben nicht und können, ohne der Epoche der Verkohlung nachtheilig zu werden, bis März oder April des künftigen Jahres liegen bleiben.

In den herrschaftlichen oder in jenen Privatforsten, welche der Forstwirthschaft untergeordnet sind, widersetzen sich die Beamten dem Fällen der Bäume vom 15. April bis 1. September. Da die Erfahrung erwiesen hat, dass das Holz der kleinen und grossen Zweige so wie der Wipfel zu Faschinen, Brennholz und zum Verkohlen wenig Werth hat, so ist der Präparirende oft genöthigt, ganze Bäume zu kaufen, um sie nach seinem Zwecke zu verwenden, anstatt bloss die Stämme an sich zu bringen, die er für seinen Industriezweig gebraucht. Die zu präparirenden Hölzer werden dann aber theurer, schon desshalb, weil die Abfälle bezahlt werden müssen.

Um diesem oft sehr gewichtigen Uebelstand zu begegnen, ästet man die Bäume, welche zum Präpariren bestimmt sind, auf dem Stamme ab und lässt am Zopf zwei oder drei Kohlholzlängen; man macht diese Arbeit im Dezember und Januar vor der Bewegung des Saftes und achtet darauf, dass die Zweige, die man beim Fällen abschneidet, etwas Länge behalten.

Die Stämme, welche eben so viele auf dem Platze verbleibende Pfähle bilden, behalten alle die Eigenschaften bei, welche zur zweckmässigen Präparation nach den Erfordernissen des Werkplatzes, vom 1. April bis 1. September, nothwendig, sind.

Auf diese Art stimmt das Schlagen der zu präparirenden Hölzer mit der gewöhnlichen Bewirthschaftung der Forsten überein.

Mit einem Worte, die vom Monat Januar bis April und vom Monat September bis Dezember gefällten Hölzer, welche vom März bis Juli und vom September bis Dezember präparirt werden sollen, befinden sich hinsichtlich des Preises und der Vollständigkeit in guten Verhältnissen; man muss daher die Arbeit auf dem Werkplatze während dieser sechs Monate beschleunigen, um im Juni, Juli und August weniger zu bereiten, in welcher Epoche man nicht so gut und nicht so wohlfeil arbeitet; übrigens reissen die bei grosser Hitze zugerichteten Hölzer und es muss daher eine grosse Anzahl der Eisenbahnschwellen ausgestossen werden.

Hinsichtlich der grösseren oder geringeren Leichtigkeit der Präparation besitzen alle Gattungen in Betreff der Jahreszeiten ein und dieselbe Eigenschaft, und es erstreckt sich diess selbst auf die Hölzer, wie Eichen, Rüstern, Vogelkirschen, Espen, alle Arten von Pappeln, die harzichten Hölzer, die Akazien u. s. w.

Im Allgemeinen ist der Widerstand gegen die Präparation während der Gährung des Saftes um so bedeutender, als die Gegenstände mehr Leben und folglich mehr Saft haben, und sie mit ihren Dimensionen schneller zunehmen. So brauchen die auf fruchtbarem Boden wachsenden Hölzer, besonders aber die Erle, die Pappel, die Kiefer und Strandkiefer und die Birke viermal mehr Zeit zur Präparation im Juni, Juli und August als in anderen Jahreszeiten; die Erle widersteht, besonders in ihrem mittleren Theile häufig ganz und gar. Die Weissbuche und die Rothbuche sind diesem Einfluss weniger unterworfen, hauptsächlich wenn sie im Gebirge wachsen; nichtsdestoweniger gebrauchen sie unter denselben Verhältnissen die doppelte Zeit zur Zubereitung.

In gewissen Fällen liegen die Werkplätze in der Nähe von flössbaren Wasserläufen und es können alsdann die Hölzer vortheilhaft auf diesen Wegen herbeigeschafft werden, und zwar nicht bloss desshalb, weil es möglich ist die Hölzer aus grösserer Entfernung kommen zu lassen, sondern weil man sie im Wasser frisch erhalten und je nach dem Bedürfnisse der Werkplätze diejenigen Hölzer verwenden kann, welche im Januar, Februar und März gefällt wurden, um sie erst im Juni, Juli und August zu präpariren. In diesem Falle muss man darauf achten, dass die Hölzer vollständig eingetaucht liegen und dass sie um einige Decimeter zu lang sind, damit man sie auf dem Bauplatze nach der erforderlichen Länge abschneiden kann. Es versteht sich von selbst, dass die Eintauchung vor jedem Beginn des Trocknens stattfindet.

Ein frisch gefälltes und in Wasser getauchtes Holz wird dadurch präparirt, dass das Wasser an die Stelle des in den Kanälen befindlichen Saftes gesetzt wird. Nach Verlauf von einiger Zeit schliessen sich die Einführungspunkte, besonders wenn das Wasser mit sehr feinem Sande geschwängert ist. Es ist daher zweckmässig, die Hölzer in solcher Länge zu erhalten, dass man sie um 2 bis 3 Decimeter verkürzen kann, damit sie, wie es nothwendig ist, auf dem Bauplatze ankommen.

Da der Ersatz des Wassers anstatt des Saftes ohne Druck vor sich geht, so entsteht keine Störung in den Saftkanälen; die Schichte des Eiweissstoffes bleibt an den Wänden der Kanäle sitzen, und es ist ihr Volum bedeutend genug, um das Gewicht des schwefelsauren Kupfers zu fixiren, das zu einer gehörigen Konservation nothwendig ist.

Holzgattungen. — Alle Arten von Hölzern eignen sich nicht zur Präparation mittels des Penetrirens. Bei gewissen Hölzern leistet die ganze Masse oder ein Theil derselben wegen der Textur der Fasern oder Kanäle, in denen der Saft aufgehalten wird, Widerstand. Bei der Eiche z. B. ist bloss der Splint durchdringlich; selbst bei der Rothbuche, welche sich in vorzüglichem Grade für die Durchdringung eignet, gibt es oft im Centrum des Baumes einen durch eine blassrothe Farbe sehr deutlich bezeichneten Theil, wo die Bewegung des Saftes aufhört und welcher undurchdringlich ist.

Die Birke und die Weissbuche sind sehr leicht und beinahe immer vollständig zu präpariren, wenn sie nicht über 100 Jahre alt sind.

Splint und weiches Holz. — Bei allen Hölzern ist der Splint derjenige Theil, welcher sich am besten präpariren lässt, so dass dieser Theil der Hölzer, welcher bei den Bauten gewöhnlich ausgeschossen wird, nach der Präparation gerade derjenige ist, der sich am besten konservirt.

Auch darf man nicht ausser Acht lassen, dass gewisse Bäume, die man veranlasst sein möchte für den gewöhnlichen Gebrauch auszuschiessen, weil sie auf zu feuchtem Boden gewachsen sind, nach der Präparation, zu der sie sich besonders eignen, im höchsten Grade brauchbar sind.

Es muss indessen hier berücksichtigt werden, dass die Einführung der antiseptischen Flüssigkeit in das Holz gerade die Folge hat, den meisten derjenigen Uebelstände solcher Hölzer vorzubeugen, die auf schlechtem Boden gewachsen sind. Die gewöhnlichen Regeln bei der Auswahl der Hölzer könnten daher in dieser Beziehung modificirt werden; indessen muss man mit Vorsicht und versuchsweise verfahren, so dass man sich über die wesentlichen Eigenschaften einer guten Präparation genaue Rechenschaft geben kann, bevor man viele Bäume fällen lässt und besonders ehe man einen Werkplatz errichtet.

Wesentliche Eigenschaften der Hölzer. — Bei allen Hölzern indessen, und wenn sie die passendsten sind, widersteht jeder faule Theil der Präparation. Ist das Holz eisklüftig oder windrissig, so

folgt die einzuführende Flüssigkeit den leichtesten Weg, den ihr die Risse darbieten, nnd sie geht quer durch die Hölzer ohne sie zu durchdringen.

Welche Gattung man nnn auch zur Präparation wählen möge, so müssen die Hölzer gesund, ganz gerade und ohne jene Mängel sein, die hier näher bezeichnet worden sind.

Die Bäume vom Saume des Waldes oder einzeln stehende Bäume, welche von den Winden gelitten haben nnd deren Textur immer mehr oder minder verzogen ist, besitzen selten die Eigenschaften zu einer guten Präparation.

Die Hölzer, welche man gewöhnlich präparirt, sind folgende: die Weissbuche, die Rothbnche, die Birke, die Erle nnd die Roth- und Strandkiefer.

Ob ein Banm kräftig und gesund sei, erkennt man an der Ausdehnung seines Gipfels, besonders aber an der Feinheit der Astenden. Ein Baum, dessen Zweige absterben, wächst in einem Jahre nicht um einen Trieb; beinahe immer hat er einen rothen Kern, wenn es Buchenholz, Birke oder Erle ist; oder aber, er hat wenig Splint, wenn es sich um die Kiefer oder die Strandfichten handelt. Die hochstämmigen schlagbaren Bäume sind mit den Zweigen weniger hoch und nicht so regelmässig als die von ausgewachsenem Oberholze; sie sind aber bei weitem kräftiger; sie stehen ganz in der Lnft und auf jenem Raume, der zur Entwicklnng ihres Gipfels nothwendig ist; die grosse Quantität ihrer Blätter gibt ihnen eine solche aufsteigende Kraft, dass sie aus dem Boden sehr leicht den Saft ziehen können, der zur Ernährung ihres ganzen Querschnittes erforderlich ist.

Derselbe Fall ist es nicht mit einer grossen Anzahl von hochstämmigen Bänmen, die auf mittelmässigem Boden nnd dicht gedrängt aneinander stehen; die Bäume haben nur Zweige am Gipfel, nnd anch dort können sich diese nicht ausdehnen. Es ereignet sich, dass der mittlere Theil in einem gewissen Alter, gewöhnlich 80 Jahre, wenn die Bänme einen Umfang von einem Meter haben, kein Leben mehr aufnimmt, da die Blätter nicht in so grosser Anzahl vorhanden sind, nm von der Erde die gehörige Nahrung an sich zu ziehen. Jedes Jahr gibt eine neue innere Schicht das Leben auf, während sich gleichzeitig am Aenssern eine nene Holzschicht bildet. Man hat Buchen von 0^{m}60 Durchmesser, welche einen rothen Kern im Innern bis zu 0^{m}30 haben; auch befinden sie sich in einem vollständigen Zustande der Abgelebtheit; sie haben nur noch einige Zweige deren Spitzen verkümmert sind und die in geringer Anzahl vorhandenen Blätter sind hinsichtlich ihrer Dimensionen um ein Drittel der ursprünglichen Grösse reduzirt.

Als Beispiel führen wir die Wälder von Compiegne und Fontainebleau an, welche auf magerem Sande stehen; nach 80 Jahren haben die Buchen, welche meistens hochstämmig sind, erst einen Umfang von 0^{m}80 bis 0^{m}85 erreicht nnd mindestens die Hälfte des Stammes hat noch einen rothen Kern. Diese Buchen, welche man 150 bis 200 Jahre schont, haben beim Fällen einen solchen Kern, dass man nicht weiss, wie man aus 100 Knbikm. Holz 100 Schwellen anfertigen kann. Derselbe Fall ist es bei der Kiefer, welche immer in gedrängtem Zustande und oft auf magerem und leichtem Boden wächst; sie hat nicht so viel Splint, um zu grösseren Schwellen verwendet werden zu können und man gewinnt nur solche von geringen Dimensionen.

Bei den Bäumen, welche einen Kern haben, ist der letztere am Stamme immer stärker als am Zopfe; bei den Harzhölzern ist der Unterschied immer ein sehr beträchtlicher. Man kann daher den Stamm der schlechten Bnchen immer zu Brenn- oder Kohlholz oder den der Harzhölzer zu Brettern etc. benntzen, um für die Präparation passende Hölzer zn finden.

Im Allgemeinen ist es immer besser mit Hölzern der möglich kleinsten Dimensionen zu arbeiten, wenn sie solche Querschnitte geben, wie man sie gebraucht. Gleichzeitig als die kleinen natürlichen Hölzer geringeren Werth als die stärkeren haben, gewinnt man bei gleichen Querschnitten jüngere nnd widerstandsfähigere Piecen; ferner sind die Kosten der Zubereitnng im Verhältniss zu der grossen Annehmlichkeit, sie bequemer anfzubewahren und zu handhaben, geringer.

Aestige Hölzer. — In Bezug auf die Zweige ist zu bemerken, dass die Flüssigkeit, die man in das Holz einzuführen beabsichtigt, stets denjenigen Weg zu nehmen strebt, der ihr den geringsten Widerstand entgegenstellt, folglich den kürzesten. Wenn man also einen Baumstamm nimmt, von dem man starke Zweige abgeschlagen hat, so wird die am Stamme introducirte Feuchtigkeit durch die Zweige ablaufen. Man könnte indessen diese Hölzer gebrauchen, indem man die

Eigenschaft des Saftes, zu erstarren und die Kanäle zu verstopfen, benützt. Nehmen wir an, dass man diese Zweige einige Tage vor der Präparation abgeschnitten hat und dass die Enden der Stämme dagegen sehr frisch sind, so wird die, die Wunden der Hiebe findende Flüssigkeit ihren Weg bis zum Gipfel durch den Baum fortsetzen, und um die Präparation zu vervollständigen, wenn der Hauptstamm gehörig getränkt worden, müsste man den Querschnitt des Zweiges auffrischen, worauf die Flüssigkeit diesen Weg leichter zurücklegen und die Präparation vollständiger werden wird.

Aus diesen Andeutungen geht hervor, dass es zweckmässig sein wird, die Zweige in einer gewissen Entfernung vom Stamme abzuschneiden, damit man den Querschnitt wiederbeleben kann, ohne den Stamm selbst anzugreifen.

Der Durchschnitt der Zweige mit dem Stamm hat die Form eines abgestutzten Kegels, dessen Basen mit dem Alter der Aeste zunehmen (Fig. 2); die Saftkanäle des Stammes umschliessen die der Zweige, ohne sich mit ihnen zu vermischen, und da alle Saftkanäle von unten nach oben gehen, so werden die Zweige gleichzeitig mit den Stämmen präparirt, wenn man die Flüssigkeit gegen das kleine Ende des Blockes (bille) richtet; lenkt man aber die Flüssigkeit gegen das stärkere Ende, so wird man die Fasern der Aeste nicht erreichen. In diesem Falle muss man das Holz in umgekehrter Richtung belassen und eine neue Operation vornehmen. Bei ästigen Hölzern ist es gut, in beiden Fällen eine doppelte Arbeit vorzunehmen, um einer guten Präparation gewiss zu sein.

Rundholz. — Diese Massregeln beweisen, dass die Präparation nach der Vorschrift Boucherie's es erheischet, dass die Hölzer als Rundholz verbleiben. Wollte man sie vorher beschlagen oder sie nach der Form bei der Verwendung bearbeiten, so würde man Bündel von Fasern abschneiden, die Flüssigkeit würde sich an der Oberfläche des Holzes verlieren, und es wäre unmöglich sie zu präpariren. Man muss also die Vorsicht anwenden, die Oberflächen nicht anzugreifen, und um die Verletzungen so wie eine kostspielige Zubereitungsarbeit zu vermeiden, darf man die Hölzer nicht abrinden.

Präparation der Hölzer für Eisenbahnschwellen. — Nach den bis jetzt gemachten Mittheilungen geben wir die Methoden des Doktor Boucherie bei der Präparation an und beschäftigen uns zuvor mit den Eisenbahnschwellen.

Diese Schwellen haben im Allgemeinen die gleiche Länge, welche, wie auch der Querschnitt, von den Dimensionen und der Leistungsfähigkeit des Schienenweges abhängen. Wir verhandeln nicht über diese Dimensionen, sondern begnügen uns mit der Bemerkung, dass man bei präparirtem Holze die abgerundeten Theile, welche man bei nicht präparirtem wegen des zu grossen Splints häufig ausstösst, annehmen kann und muss, weil der äussere Theil der Hölzer im Allgemeinen gerade derjenige ist, welcher sich am besten präpariren lasst.

Bei dem Zurichten der präparirten Hölzer muss man übrigens ausserordentliche Rücksicht auf die Resultate der Präparation nehmen. Wenn man die Hölzer auch noch so gut gewählt hat, so muss man, wenn nicht eine zu grosse Quantität derselben ausgeschieden werden soll, die Bäume präpariren, deren Kern sich nicht auf einen mehr oder minder bedeutenden Durchmesser präpariren lässt; nur muss man vor dem Zurichten diese nicht präparirten Theile gut kennen und die Sägenschnitte so reguliren, dass das nicht präparirte Holz, das an und für sich dem schnellen Verderben ausgesetzt ist, entweder ganz oder zum Theil ausgeschieden wird. Wenigstens muss man die Hölzer so bearbeiten, dass die Eisenbahnschwelle, die man von diesem todten oder nicht präparirten Holze befreit denkt, noch so viel gesundes Holz enthält, dass eine gehörige Aufnagelung der Stühle stattfinden kann und diese ein hinreichendes Lager haben.

Dimensionen der Schwellen und Beispiele von Bearbeitungen. — Die Hölzer für die Schwellen müssen so stark sein, dass man daraus mindestens zwei Schwellen bearbeiten kann. Man kann indessen auch kleinere Hölzer nehmen, die nur eine Schwelle geben, wenn sie vollkommen gesund sind und die Schwelle an der untern Seite mindestens 0^m22 bei einer Stärke von 0^m13 hat. Alle Rundhölzer zu Schwellen werden in einer Länge geschnitten, welche das Doppelte von der Schwelle ist, zu welcher Länge man noch diejenige hinzurechnen muss, welche beim Strecken derselben noch nothwendig wäre, abzuschneiden, um im Nothfalle den äusseren Querschnitten neue Frische zu geben,

Einrichtung des Werkplatzes für Schwellen. — Dieser Platz muss für das Fuhrwerk leicht zugänglich sein; *H H* und *H' H'* (Fig. 3, nach Seite 152) sind Pfosten oder Schwellen von mindestens 0m15 Länge und 0m12 Stärke; *F F* Rinnen, die möglich längsten, von 0m25 Breite und 0m12 Stärke; *G* Mittelrinnen, die möglich längsten, 0m32 breit, 0m16 stark.

Die Pfosten *H H* sind 0m15 höher als die bei *H' H'*.

Auf einer gehörig zugerichteten Fläche werden die vier Pfosten *H H* und *H' H'*, beiläufig $^1/_{00}$ nach der Richtung ihrer Länge geneigt gelegt. Die äussern Träger *H H* berühren die Rinnen *F F*; die beiden Zwischenpfosten werden in gleichem Abstande rechts und links von der Achse so gelegt, dass zwischen ihnen ein hinreichender Raum für die Rinnen *G* bleibt, welche die Bestimmung hat, ein Bleirohr *D* aufzunehmen, das mit dem Reservoir in Verbindung steht, welches die Lösung des schwefelsauren Kupfers enthält. An diesem Rohre sind kupferne Ansatzröhren, die 0m80 von Mittel zu Mittel entfernt sind, um den zu präparirenden Hölzern zu korrespondiren. Die beiden Rinnen *F F* haben den Zweck die aus den Hölzern fliessende Flüssigkeit aufzunehmen und sie in ein Gefäss zu leiten, aus dem sie mittels einer Pumpe ausgeschöpft werden können, um sie erforderlichen Falls wieder zu verwenden. Die Mittelrinne hat dasselbe Gefälle als die Seitenrinnen für die wenige Flüssigkeit, die sie aufnehmen und fortleiten kann. Diese Rinnen sind nichts anderes als ausgehöhlte Baumstämme.

Die einzuführende Flüssigkeit ist in drei Gefässen enthalten, welche auf einem Gerüste stehen, das in der Achse des Werkplatzes aufgestellt ist und eine Höhe von mindestens 8m0 über der Werkplatzfläche hat. Von diesen Gefässen geht die Bleiröhre *D* aus. Auf dem Gerüst und in der Nähe der Reservoirs steht eine hölzerne Saugpumpe mit einem innern Durchmesser von 0m15. Diese Pumpe genügt, um gleichzeitig 60 Holzblöcke zu tränken. Die Rondhölzer oder billes werden winkelrecht gegen ihre Richtung über die Pfosten gelegt, so dass die äussern Querschnitte senkrecht zu den korrespondirenden Rinnen sind; man befestigt sie auf den äussern Pfosten.

Es ist nothwendig, mindestens zwei obere Gefässe zu haben, welche die Flüssigkeit nach und nach an den Werkplatz abgeben; in das eine pumpt man, während das andere speist; ein drittes Gefäss ist selbst durchaus nothwendig für das unreine Wasser, das vom Filter nicht gereinigt worden ist. In diesem Falle speist ein erstes Gefäss, ein zweites füllt sich an, und die Flüssigkeit des dritten kommt in dem dritten zur Ruhe, wo die Massen, welche schwerer sind als die Lösung, zu Boden fallen. Diese drei Zuber sind mit der Steigröhre durch drei Arme mit eben so vielen Muffen aus Kautschuck von 0m05 innerem Durchmesser verbunden.

Man nimmt das Wasser nur bei 0m10 oder 0m12 über dem Boden der Gefässe, um die Niederschläge der Lösung zu vermeiden.

Es geschieht häufig, dass die Luft in das Innere der Röhren eindringt und sich in dem oberen Theil des Sägenschnittes der zu präparirenden Hölzer aufhält. Am meisten geschieht es dann, wenn der auf der Estrade stehende Arbeiter nicht dafür Sorge trägt, die in Ruhe befindliche Tonne abzulassen, bevor die sich bewegende nicht mehr speist, oder wenn der Arbeiter, der die Piecen mit dem untern Rohr in Verbindung bringt, nicht dahin trachtet, das kleine Rohr ganz mit der Lösung zu füllen, bevor es mit der hölzernen Röhre in Verbindung gebracht wird. Man vermeidet diese Luftansammlungen, wenn man das bleierne Rohr am Ende des Werkplatzes in einer Höhe krümmt, welche gleich ist dem obern Niveau der Reservoirs. Dieses gekrümmte Rohr hält dem Druck das Gleichgewicht und nimmt die leichten Stoffe auf, welche oft die letzten Meter der an einem Ende geschlossenen Röhre verstopfen.

Vorgang bei der Arbeit. — Ist nun das Ganze auf die dargestellte Weise eingerichtet, so macht man in der Mitte der Länge von jedem Holze (bille) einen Sägenschnitt, welcher beiläufig bis $^9/_{10}$ des Querschnittes eindringt. Mittels Keile, welche unter dem Holze senkrecht auf die mittleren Pfosten eingetrieben werden, oder auch mittels eines Schraubenhebels hebt man die Mitte des Holzes etwas und öffnet dadurch den Sägenschnitt; dann bohrt man ein schiefes Loch, wodurch das Innere des Sägenschnittes mit dem Aeussern in Verbindung gesetzt wird; man führt zwischen den beiden Sägenschnittflächen, nach dem ganzen Umfange, vermittelst eines Kalfatermessers einen Strick ein, der in der Mitte stärker ist

Conservirung der Hölzer nach dem Verfahren Boucherie

Fig. 1.
Getrockneter, frischer Theil.



Fig. 2.



Fig. 3.

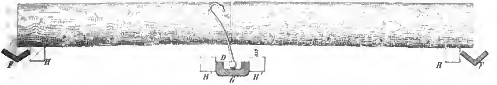
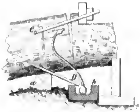




Fig. 4.



als an den Enden, merkt dabei aber wohl auf, dass der Strick mit seiner ganzen Länge in den Sägenschnitt und am Rande in sehr regelmässiger Weise eindringt, so dass auf dem ganzen eingesägten Umfange der leere Raum geschlossen wird, der jetzt zwischen den beiden Sägenschnittflächen besteht. Löst man nun das Holz, so senkt es sich, indem es sich wieder gerade legt und die beiden Fugenflächen pressen den Strick, wodurch der ganze Umfang des Sägenschnittes vollständig gedichtet wird und dennoch die beiden Flächen so weit auseinanderhält, um zwischen den beiden Hälften ein kleines Reservoir zu bilden.

In das 0^m02 im Durchmesser haltende Loch wird die aus hartem Holze bestehende Ausflussröhre mit Gewalt eingesetzt; diese Röhre hat in der Achse ein Loch und ist durch ein Kautschuckrohr mit einer der Ansatzröhren des mittleren Bleirohres verbunden. Während dieser Operationen wird die Kautschuckröhre mittels einer hölzernen Zange zusammengedrückt, wodurch sie ganz platt wird und den Abfluss verhindert. Ist das alles gehörig gemacht, so nimmt man die Zange weg und die in dem Bleirohr enthaltene Flüssigkeit fliesst unter dem Druck des Gefässes unmittelbar in das kleine Zentralreservoir des Holzblockes und wirkt sofort auf den Saft, den sie vor sich hintreibt; in der That bemerkt man beinahe augenblicklich an den Querschnitten des Holzes eine Ausschwitzung, dann aber Safttropfen, welche bald in die Rinnen fallen.

Gleich nachdem man den Baum in Verbindung mit dem Rohr gesetzt hat, muss man für den Wiederaustritt der Luft sorgen, die sich in dem Strick befindet, und welche sich nach der Einführung der Flüssigkeit in dem obern Theil des Reservoirs komprimirt; zu diesem Zweck steckt man eine kupferne Spitze in den oberen Theil des Strickes und verschliesst dieses Loch mit einem Hammerschlag, wenn die Flüssigkeit auszufliessen beginnt.

Beendigung der Operation. — Der auf diese Weise hergestellte Abfluss setzt sich unter dem Druck des Reservoirs fort; der Saft fliesst anfänglich rein, dann aber vermischt mit einer geringen Menge von schwefelsaurem Kupfer. Wenn die ausströmende Flüssigkeit an dem Areometer (die als Typus angenommene Losung zeigt 1°) 0^m66 zeigt, so kann man im Allgemeinen annehmen, dass das Holz mit der antiseptischen Flüssigkeit imprägnirt ist, und dass man folglich die Operation 5 oder 6 Stunden nachher bei jenen Hölzern einstellen kann, die nicht stärker als 0^m40 im Durchmesser sind.

Nach zehn auf der französischen Nordbahn gemachten Versuchen sind die Grade der Flüssigkeit folgende:

	Beim Einfluss.	Beim Abfluss.
1.	0,0300	0,0282
2.	0,0200	0,0114
3.	0,0150	0,0091
4.	0,0130	0,0076
5.	0,0121	0,0087
6.	0,0116	0,0092
7.	0,0101	0,0046
8.	0,0100	0,0063
9.	0,0100	0,0071
10.	0,0050	0,0023

Beim Einfluss im Durchschnitt . . = 1

Beim Ausfluss im Durchschnitt . = 0,69.

Uebrigens muss man den Abfluss sorgfältig beobachten, um sich zu überzeugen, dass der ganze Querschnitt getränkt ist. Man bedient sich zu diesem Behuf einer kleinen kupfernen Röhre für die zweifelhaften Theile; nach einem Augenblick bemerkt man, ob die Flüssigkeit durch die Röhre abzieht, wenn sie durch die natürlichen Kanäle oder durch die Risse des Holzes fliesst. In diesem letzteren Falle kann die Präparation beinahe nichtsbedeutend sein. Man hält dann mit der Operation an, indem man das Kautschuckrohr mit der hölzernen Zange zusammenpresst, was den Zufluss der Flüssigkeit verhindert. Demnächst nimmt man die hölzerne Abflussröhre zurück, das imprägnirte Holz (bille) wird von dem Werkplatz weggenommen und in zwei Theile getrennt, worauf man den Strick aus dem Sägenschnitt entfernen kann, um ihn nach geschehener Auswaschung zu einer andern Operation zu verwenden.

Wenn man eine vollständige Präparation bezwecken will, so muss eine gleichmässige Vertheilung des Kupfers stattfinden; man reinigt zu diesem Behuf die Einführungspunkte, sobald man sieht, dass das Holz keinen leichten Fluss mehr hat; häufig muss man diese Operation vier bis fünfmal wiederholen, besonders wenn die Hölzer schon einige Zeit gefällt,

oder wenn sie fett sind, oder wenn das schwefelsaure Kupfer nicht ganz rein ist, besonders aber, wenn die Hölzer zur unpassenden Zeit geschlagen wurden.

Wenn man nach einem am Abflusspunkte gemachten Einschnitt wahrgenommen hat, dass die Hölzer nicht gehörig präparirt sind, obschon sie lange Zeit im Fluss begriffen waren, so dreht man sie um, d. h. man bringt sie als einfache Hölzer (billons) zurück, indem der ursprüngliche Abflusspunkt der Druckpunkt wird. Wenn nun ein Theil in der Mitte unvollkommen ist, so übt man den Druck bloss auf diesen Theil aus. Diese doppelte Operation kostet allerdings etwas mehr an Arbeitslohn, indessen ist es sehr wichtig, sie besonders auf jene Hölzer anzuwenden, welche den Durchmesser der zwei Schwellen enthaltenden Hölzer übersteigen.

Man soll also von dem Werkplatz nur jene Hölzer gänzlich wegnehmen, welche deutlich die Spuren des schwefelsauren Kupfers an ihrem präparirten mittleren Theil zeigen, was leicht zu erkennen ist, wenn man an mehreren Stellen mit dem Beile einhaut.

Man kann das Abziehen der Flüssigkeit durch die Risse verhindern, wenn sie nicht zu gross geworden sind; man dichtet sie dann mit Hanf und einem Meissel an dem Punkt, welcher dem der Einführung der Flüssigkeit entgegengesetzt ist. Gelingt es nicht den Riss gehörig zu verstopfen, so nimmt man das Holz vom Werkplatze weg und behandelt die beiden Hölzer mit dem Plateau und den Haken, indem man den Riss an dem Einführungspunkt dichtet, bevor man das Plateau aufrichtet.

Die Hölzer sind in der Mitte dichter als am Umfange, und es ist der Unterschied um so merklicher als die Hölzer stärker sind. Die Präparation findet man oft vollständiger in einer gewissen äusseren Stärke, wenn man das Holz noch mehrere Tage an Ort und Stelle belassen muss, um den mittlern Theil bis zum Druckpunkt zu erreichen. Die Operation beschleunigt man, indem man die beiden Hölzer am andern Ende belastet.

So viel es möglich ist, muss man trockene Stricke anwenden; sie legen sich besser in den Sägenschnitt und bilden einen vollkommenen Verschluss, indem sie sich durch die Feuchtigkeit aufblähen.

Reaktionen. — Man kann sich von der Präparation der Hölzer mittels einer Lösung von eisenblausaurem Kali überzeugen, die mit 0k08 Kyaneisenverbindung in einem Liter Wasser gebildet ist. Wenn man die Lösung mit einem Pinsel über die Holzfläche streicht, muss man eine rothe Färbung erhalten, wenn das Holz gehörig präparirt ist.

Wenn man mit einem Stück Krystall von eisenblausaurem Kali Striche auf die präparirten und noch feuchten Hölzer zieht, so kann man ebenfalls eine rothe Färbung hervorbringen. Wo keine Färbung ist, werden die Stellen der Hölzer angedeutet, welche der Präparation Widerstand geleistet haben. Hat man auf diese Weise die Resultate der Operation untersucht, so kann man zur Verwendung der Hölzer schreiten.

Aus der vorstehenden Darstellung ersieht man, dass die aus dem Holze quellenden Flüssigkeiten in ein Niederschlagsgefäss geleitet werden, wo sie nur durch einen Filter ankommen dürfen; auch braucht man die Vorsicht sie abzuschäumen. Beim Anfang der Operation sind diese Flüssigkeiten für jeden Baum reines Wasser oder Saft, dann eine mehr und mehr concentrirter werdende Lösung von schwefelsaurem Kupfer, und da die Operation für alle Hölzer (billes) niemals denselben Grad haben kann, so folgt, dass die Flüssigkeit stets eine gewisse Quantität schwefelsauren Salzes enthält.

Da die Flüssigkeit des unteren Gefässes, nachdem es durch das Filtriren und Abschäumen gehörig gereinigt worden, durch die Pumpe in das obere Gefäss wieder hinaufgeleitet wird, um von neuem verwendet zu werden, so muss man sie unaufhörlich auf dieselbe Dosage zurückführen. Man erreicht diess, wenn man eine hinreichende Portion von Krystallen oder besser der concentrirten Lösung hinzusetzt und die Dichtigkeit an dem Areometer beobachtet. Auf diese Weise geht durch die Pumpe in das obere Gefäss niemals eine andere Flüssigkeit als diejenige, welche die beabsichtigte Koncentration hat. Die Benützung der aus den Bäumen kommenden Flüssigkeiten veranlasst ein Ersparniss des schwefelsauren Kupfers und des erforderlichen Wassers, das nicht immer zur Disposition steht; indessen hat die neue Flüssigkeit den Nachtheil, dass die verfaulbaren Elemente nicht gehörig zurückgewiesen werden.

Massregeln gegen die klebrigen Ablagerungen. — Die Flüssigkeiten setzen in den Gefässen klebrige Stoffe ab, welche einen ansehnlichen Theil der schädlichen Elemente ausstossen; da aber diese Stoffe selbst, wenn sie sich an den Wänden der mittleren Eintreibungsöffnung absetzen, manchmal die Poren des Holzes verstopfen, so ist man genöthigt den Sägenschnitt frei zu machen, um die Wände zu reinigen. Damit aber diese Ablagerungen nicht so häufig vorkommen, ist es angezeigt, die zurückfliessenden Flüssigkeiten mittels einer groben oft zu erneuernden Leinwand zu filtriren. Auch muss man nach Ablauf einer gewissen Zeit die Flüssigkeiten dekantiren und aus den Gefässen die klebrigen Stoffe entfernen, welche sich darin angesetzt haben könnten. Um übrigens das Eindringen der klebrigen Stoffe in die Leitungen so viel als möglich zu vermeiden, ist es nothwendig die Wassereinlässe des Injectionsrohres und der Pumpe in einer gewissen Entfernung von dem Boden der Gefässe anzubringen.

Dauer der Operation. — Hat man das Tränken eines Holzes einmal begonnen, so muss es Tag und Nacht und so lange fortgesetzt werden, bis die Tränkung vollständig ist. Die Dauer richtet sich nach der Gattung des Holzes; manchmal lässt sich eine Schwelle in einem Tage präpariren, während sie in anderen Fällen mehrere Tage erfordert.

Utensilien für eine Werkstatt zum Tränken der Eisenbahnschwellen. — Die Utensilien und Geräthschaften für eine Werkstatt von 16m0 Länge zum Tränken von 20 Hölzern (billes) sind folgende:

32 laufende Meter Seitenrinnen *FF*,

16 „ Mittelrinnen *GG*,

64 „ Pfosten *HH* und *H'H'*.

Ein Gerüst zum Tragen der drei Gefässe für die Flüssigkeiten.

Eine 10m0 lange Leiter.

Leder und Stifte für die Fugen der Rinnen und Hanf zum Dichten.

Eine Hütte zum Aufbewahren des Werkzeuges und des schwefelsauren Kupfers, so wie zum Aufenthalte für die Arbeiter, welche Nachts auf dem Werkplatz bleiben müssen.

Eine kleine gewöhnliche Handpumpe.

Eine kupferne Pumpe mit Stange und Kolben aus Kupfer.

24 lauf. Meter Bleiröhren mit 0m045 innerm Durchmesser.

Drei Paar Bügel mit Leder und Bolzen für die Verbindung des grossen Leitungsrohres.

20 Ansatzröhren von Kupfer, die an das Bleirohr gelöthet werden.

3 Muffen aus Kautschuck zur Verbindung der Reservoirtonne mit dem Vertheilungsrohr.

3 Zangen zum Anziehen des Kautschuckmuffs.

3 hölzerne Mundlöcher zur Verbindung der Tonne mit dem Kautschuckmuff.

Ein Weidenkorb zum Auflösen des schwefelsauren Kupfers in der Tonne.

Eine Schnellwage.

Ein Areometer.

Ein Filter für das Tropfwasser.

20m0 Kautschuckröhren.

20 Hähne aus Apfel- oder Birnbaumholz zur Verbindung der Kautschuckröhren mit dem Centralreservoir der zu präparirenden doppelten Hölzer (billes).

20 hölzerne Zangen zum Schliessen der Kautschuckröhren.

Ein Filtrirgefäss von beiläufig 1m50.

3 Speisezuber auf der Estrade von beiläufig 1m0.

30 Hanfstricke zum Dichten der Sägeschnitte.

2 Hämmer zum Dichten.

2 Meissel.

2 blecherne Messer zum Reinigen der Holzflächen.

2 Hohlbohrer.

2 kleine Bohrer.

2 Handhämmer.

2 Schraubenhebel zum Oeffnen der mittleren Fuge durch Heben des Holzes (bille) in der Mitte.

2 Handbeile.

2 Sägen, genannt passe-partout, zum Auffrischen.

Ein sich drehender Haken zum Rollen der Piecen.

Ein Vorreisser (rouanne) zum Numeriren der Hölzer, nach Massgabe als sie auf den Werkplatz kommen.

20 eiserne Haken mit Schraubenmutter auf einer Seite.

20 eiserne Scheiben dazu.

10 Plateaux von 0m16 bis 0m70 Durchmesser.

Präparation der gewöhnlichen und langen Hölzer. — Massregeln bei langen Hölzern. Die vorbeschriebenen Methoden, besonders die

Herstellung des Vertheilungsbehälters in der Mitte der Billes gestatten ein Minimum der Länge der zu präparirenden Hölzer, wodurch die Operation leichter wird und schneller von statten geht; auch ist damit der Vortheil eines bequemen und nicht kostspieligen Mittels, den Druck der Flüssigkeit auf die Querschnitte des Holzes wirksam zu machen, damit verbunden.

Handelt es sich um die Präparation langer Hölzer, wie Telegraphenstangen und Bauhölzer, so werden die Schwierigkeiten grösser und es ist alsdann angezeigt:

1. Das Einführungsreservoir höher aufzustellen, um den Druck zu vermehren.

2. Die Flüssigkeiten öfter zu klären.

3. Die Flächen beim Einlassen der Flüssigkeiten mehrmals zu reinigen, um sie von aller Schmiere, die sich daran angesetzt haben könnte, zu befreien.

Einrichtung des Werkplatzes. — Die Anordnung desselben hat nur folgenden Unterschied gegen die eben beschriebene Einrichtung. Auf der Arbeitsfläche liegen nur zwei Pfosten parallel in passender Entfernung und so gelegt, dass sie beiläufig wie 15 zu 1 geneigt sind. Die Zuflussrinne wird an die Seite des höheren Pfostens gelegt, und die Flüssigkeiten laufen in der an der niedrigen Seite gelegenen Rinne.

Das Einführen der Flüssigkeit geschieht durch den Stamm des Baumes, so dass sie in der Richtung der Bewegung des Saftes bis zum Zopfe vordringt.

Herstellung des Reservoirs. — Man richtet das kleine Reservoir an dem Einführungsquerschnitt, welches die Flüssigkeit aufnimmt, in der Art ein, dass auf den ganzen Einführungsquerschnitt gewirkt wird. Man stellt aus Bohlen von Buchenholz eine ebene Fläche oder ein Plateau her, verbindet die Bohlen durch drei eiserne Schienen im Dreieck, die über das Plateau hinausgehen. Die Schienen werden an das Plateau mit Nägeln befestigt, welche nicht ganz durchgehen, um der Oxydation vorzubeugen. Die verschiedenen Bohlen des Plateaus werden ganz genau so zusammengefügt, dass an der entgegengesetzen Seite von den Schwellen eine etwas offene Fuge gebildet wird, so dass das Dichten leichter vor sich geht. Die Bohlen des Plateau sind an der den Schwellen entgegengesetzten Seite gedichtet, damit in keinem Falle die auf diese Fläche drückende Flüssigkeit einen Durchgang findet. Uebrigens ist das Plateau mit einem Loche zur Aufnahme der gewöhnlichen Einströmungsröhre versehen.

Die Enden der drei Stangen des Plateaux haben ein Loch zum Durchstecken eines Bolzens, dessen Schraubenmutter sich gegen die Stange legt, während der hakenförmige Kopf desselben sich später in das zu präparirende Holz versenkt. Ist nun das Plateau auf diese Weise hergestellt, so ebnet man die Basis des Baumes soviel als möglich und bringt an der beinahe kreisrunden Kante dieser Basis einen Kautschuckring von passendem Durchmesser und 0ᵐ008 Stärke an; man legt das Plateau gegen diesen Ring, indem man in das Holz die Haken der drei Ansatzröhren einlässt und die Schraubenmuttern so lange anzieht bis der zusammengedrückte Kautschuck die Fuge zwischen dem Plateau und der Basis des Baumes gänzlich schliesst. Ist das kleine Reservoir auf diese Weise hergestellt, so setzt man die Röhre an und verfährt mit der Flüssigkeit wie gewöhnlich.

Das Anlegen eines Plateaus von 0ᵐ70 bis 1ᵐ0 Durchmesser hat oft seine grossen Schwierigkeiten, um das Reservoir unter einem gewissen Drucke dicht zu erhalten; es wird aber diese Operation einfacher, sicherer und weniger kostspielig, wenn man auf folgende Weise verfährt (Fig. 4). Der auf seinen Platz auf die erwähnte Weise gebrachte Baum wird 0ᵐ30 vom Schwanzende entfernt mit der Säge eingeschnitten, so dass an dem untern Theile nur noch 0ᵐ04 Stärke verbleibt; an das äusserste Ende des Stammes legt man einen hölzernen Stiel auf eine mit der Rinne parallel laufende Bohle; dann macht man in der halben Höhe der Piece ein Loch für den hölzernen Ansatz.

Ist dies vorgerichtet, so lässt man den Stiel etwas nach, um den Sägenschnitt zu schliessen; man schiebt eine kupferne Platte von passendem Durchmesser und 0ᵐ001 Stärke in den Sägenschnitt in der Art, dass sie sich an den nicht eingesägten Theil gehörig anschliesst; demnächst legt man einen Strick hinein, welcher in der Mitte dünner ist als an den beiden Enden zwischen der zu präparirenden Basis und der Kupferplatte; man legt den Strick am Boden des Fugenschnittes vermittelst eines flachen Eisens, sorgt aber dafür, dass er nicht über den untern Theil der Kupferplatte hinausgeht; hierauf legt man die beiden Enden

des Strickes an die Kante des zu präparirenden Holzes wie man es bei den Schwellen macht. In das Schwanzende, 0m 10 von dem Sägenschnitt entfernt, macht man einen Einschnitt zum Einlegen eines Querholzes, das mit zwei Löchern versehen ist, worin die Haken Platz finden, und man zieht den Stil gleichzeitig mit den Schraubenmuttern der Haken an. Auf diese Art stellt man auf eine leichte Art ein Reservoir von grossem Durchmesser her, welches sehr dicht ist und einem grossen Druck Widerstand leistet.

Der Träger *a* muss so gelegt werden, dass, wenn man ihn mit der Rinne *b* durch eine breite Bohle *D* verbindet, die bei dem Haken *C* entweichende Flüssigkeit auf die Bohle fällt und in die Rinnen abfliesst.

Im Allgemeinen steht die Geschwindigkeit, mit der die Hölzer gleicher Gattung präparirt werden, im direkten Verhältniss zu der Druckhöhe, im umgekehrten zu ihrem Durchmesser und im umgekehrten Verhältniss zu dem Quadrat ihrer Länge.

Die milden Ost- und Südwinde, die drückenden Temperaturen beschleunigen die Operation, während die trockenen Nord- und Westwinde, so wie grosse Trockenheit sie verzögern.

Es ist wesentlich für den Werkplatz der Imprägnirung der Hölzer einen guten Ort zu wählen. Das Terrain muss ein natürliches Längengefälle von $\frac{1}{100}$ haben. Ein abgetragenes Terrain ist in der Regenzeit oft schlammig und das Arbeiten auf demselben also häufig sehr schwierig. Nach der Quere des Werkplatzes ist es sehr zweckmässig, wenn derselbe ein Gefälle von 0m03 bis 0m07 pro Meter hat. Da die zu präparirenden Hölzer auf die höhere Seite gelegt werden, so kann man sie leicht zum Arbeitsgerüst schaffen und sie nach der Präparation wegnehmen, um sie zu verarbeiten.

Geräthschaften und Utensilien. — Für 15 Bäume bestehen solche in:

45 eisernen Hakenbolzen.

15 buchenen Plateaux von 0m05 Stärke.

15 kupfernen Scheiben von 0m001 Stärke und 0m50 bis 1m0 im Durchmesser.

15 Ansätzen von Apfel- oder Birnbaumholz.

20 Stricken aus Kautschuck v. 0m 008 Durchmesser.

Beiläufig 25m0 bleiernen Röhren von 0m045 innerm Durchmesser.

Beiläufig 36m0 Rinnen.

Beiläufig 18m0 Abzugrinnen.

20m0 Kautschuckröhren.

72m0 Pfosten als Träger.

15 hölzerne Zangen zum Schliessen der Kautschuckröhren.

15 kupfernen Ansatzröhren.

2 Blechmessern zum Reinigen.

2 Handhämmern.

2 Schraubenschlüsseln.

Die Zuber, Filter und Reservoirs, so wie die zur Präparation nothwendigen Gegenstände können zur Präparation der grossen Hölzer benutzt werden, welche man zu Schwellen verwendet.

Allgemeine Bemerkungen. — Die Werkplätze müssen so gelegen sein, dass sie einen bequemen Zugang haben, damit die Hölzer aus dem Walde leicht dahin geschafft und nach der Imprägnirung zur weiteren Bearbeitung eben so leicht wieder abgefahren werden können.

Die Grösse und die Lage jedes Arbeitsplatzes richten sich also hiernach und nach den folgenden zwei Bedingungen:

1. Die Anzahl der Arbeitsplätze darf nicht zu gross sein, weil sonst die Beaufsichtigung schwierig wird.

2. Die Werkplätze, welche von den Stellen wo die Bäume gefällt werden zu entfernt sind, können Veranlassung geben, dass man Hölzer verwendet, die nicht mehr frisch genug sind. —

Die auf vorstehende Art mit schwefelsaurem Kupfer präparirten Hölzer sind schwerer zu sägen, weil sich das schwefelsaure Salz an die Sägeblätter ansetzt. Die präparirten Hölzer werfen und verziehen sich leicht, besonders wenn man sie rechtwinklig bearbeiten will und der Kern dabei zu Tage tritt. Als Zimmerholz sollen also diese Hölzer so viel als möglich unter Formen verwendet werden, die sich so wenig als möglich vom berindeten Holze entfernen. Indessen verwerfen sich die Bohlen und die kleinen Hölzer von präparirten Bäumen nicht so sehr, wenn das Schneiden derselben mit Vorsicht bewirkt wurde. Die präparirten Hölzer sind dem Reissen ausgesetzt wie die natürlichen Hölzer; man muss daher Vorsichtsmassregeln anwenden, um eine zu geschwinde Austrocknung derselben zu vermeiden, und man bedeckt desshalb die Enden mit Erde und schützt die Hölzer vor den Einflüssen der Sonne.

Ziegelöfen mit kontinuirlichem Brande.

Von **Angebault-Justeau** in Ancenis, **Hoffmann** in Berlin und **Licht** in Danzig.

(Mit Zeichnungen auf Seite 161 und 163.)

Das auf Seite 161 dargestellte System von Ziegelöfen mit ununterbrochener Arbeit zeichnet sich durch die Verbindung mehrerer aneinanderstehender Oefen aus, die so gruppirt sind, dass sie nur einen einzigen Bau bilden. Jeder Ofen ist mit einer besonderen Feuerung versehen, worin man nach Belieben Holz oder Steinkohlen brennen kann. Sie stehen unter sich in Verbindung durch Füchse, die im Nothfalle mit Registern aus Ziegeln geschlossen werden können, welche man von aussen mittels eines mit Griffen versehenen Schüreisens handhabt. Das Verfahren beim Brande ist folgendes:

Man setzt z. B. zwei zusammenstossende Oefen an einander und macht in dem einen Feuer an, indem man seine Register in der Art schliesst, dass die Flamme alles darin enthaltene Material bespielen und erhitzen kann. Gleichzeitig öffnet man die Register des zweiten besetzten Ofens, damit er die Wärme der ersten Feuerung aufnehmen und so die Ziegeln, die er enthält, zu einem ersten Grade des Brandes vorbereiten kann.

Während dieser Zeit setzt man einen dritten Ofen, der sich in der Verlängerung des zweiten befindet, und im passenden Moment zündet man die Feuerung des letzteren an, indem man die Vorsicht gebraucht alle Verbindung mit dem ersten zu unterbrechen, von dem wir voraussetzen, dass sein Material den gehörigen Grad des Brandes erreicht hat und nun abgekühlt werden soll.

Auf dieselbe Art verfährt man mit den übrigen Oefen, wodurch man eine kontinuirliche Arbeit erreicht. Der Brand geht regelmässig und allmählich vor sich, ohne Unterbrechung und mit grosser Ersparniss des Brennmaterials.

Der Rauch wird von einem einzigen Schornstein angezogen, der im Zentrum des ganzen Systems erbaut ist; von jedem Ofen wird er durch Kanäle dahin geleitet, die zu diesem Behuf gehörigermassen verlängert sind.

An dem obern Theil dieser Oefen sind Oeffnungen angebracht, welche nöthigenfalls dem überflüssigen Rauch gestatten, sich in den grossen Räumen zu verbreiten, in denen alle fabrizirten Gegenstände zum Trocknen aufgestellt werden. Diese Oeffnungen werden mit einem Dach- oder Mauerziegel bedeckt, wenn es für nöthig befunden wird.

Aus den Fig. 1 — 3 (Seite 161) ist die Anordnung der Ziegelöfen ersichtlich. Fig. 1 ist ein Grundriss von innen gesehen nach einem Durchschnitt über der Sohle in der Höhe der Linie 1 — 2; Fig. 2 ist ein halber Längenschnitt nach der Linie 3 — 4; Fig. 3 ein Querschnitt nach der gebrochenen Linie 5, 6, 7 und 8. Aus dieser Figur ersieht man, dass das Ganze ein Zusammenhang von Oefen *F* ist, deren Zahl hier 12 beträgt.

Die Sohle von jedem dieser Oefen ist durch die Arkaden *L* von ungefähr 0ᵐ22 Stärke getheilt, die einen Raum von 0ᵐ07 zwischen sich haben, wodurch die Füchse *c* gebildet werden; die Oeffnung zu jedem derselben ist abgeschrägt, um den Durchgang des Feuers zwischen jeder Arkade zu erleichtern.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich laufen die gedachten Kanäle schief bis zum Niveau der Sohle *S* auf eine Entfernung von ungefähr 0ᵐ35 von dem Fuss der Mauer, welche den Boden des Ofens bildet.

Jede Feuerung hat zwei Roste, der eine *g'* für die Kohle liegt unter der Ofensohle, der andere *g*, 0ᵐ30 darüber, wird für Holzheizung benutzt.

Die rechte Seite dieser Feuerungen folgt senkrecht der Mauer, um die Register *r* aufzunehmen, und die ganze Krümmung ist auf die linke Seite gelegt, um in diesem Theile den Raum herzustellen, welcher zur Verbrennung nothwendig ist. Der Abstand, welcher die Thür *P* (durch punktirte Linien in Fig. 2 angegeben), durch welche die zu brennenden Gegenstände eingesetzt werden, von der Thür *B* der Heizung trennt, darf nicht weniger als 0ᵐ60 betragen.

Durch die Register *r* wird eine Verbindung der Oefen unter sich nach dem Erforderniss des Brandes, der Heizung oder der Abkühlung hergestellt.

Die Verbrennungsprodukte strömen durch die senkrechten Kanäle *d*, die man mittels der Register *r'* nach Belieben und Erforderniss öffnet oder schliesst, in zwei horizontale Kanäle *D*, welche der ganzen Reihe der Oefen gemeinschaftlich und symmetrisch an jeder Seite des Hauptschornsteines *C* angeordnet sind, durch welche die Gase in die Atmosphäre entweichen.

Ueber der Decke des Ofens befindet sich die grosse Kammer *E*, die mit einer Decke von Ziegeln bedeckt ist und als Trockenstube für das vorläufige Trocknen der zu brennenden Gegenstände dient, wenn sie gehörig geschlossen und von der strahlenden Wärme geheizt wird.

Wenn ein solches Etablissement aus 10 Abtheilungen oder Kammern besteht und die erste ist im vollen Feuer, die zweite im Kleinfeuer, in einer dritten wird gesetzt und in einer vierten wird ausgenommen u. s. w., so können in jedem Ofen erzeugt werden: 8000 Ziegel von 22 × 11 × 5 Stärke in 30 bis 36 Heizstunden, je nach der Beschaffenheit der Erde, und da man zu gleicher Zeit zwei Oefen heizen kann, einen an jeder Seite, so kann man pro Monat beiläufig 275.000 Ziegel brennen. —

Nach dem „Genie industriel" wurde der erste Versuchsofen dieses Systems im Jahre 1859 bei Stettin von Hoffmann und Light ausgeführt, der aber nicht die Resultate ergab, die man davon erwartete; man vervollkommnete daher denselben und man erbaute einen zweiten Ofen in Prag, einen dritten in Wien, andere zu Biberich bei Mainz, in Russland und in England.

Die ersten Oefen hatten eine kreisrunde Form, während einer der letzten auf der Ziegelei von Bett in Aylesford bei Maidstone konstruirter eine ovale Form und sehr gute Resultate geliefert hat, wie von mehreren englischen Zeitschriften, wie auch von der „Revue universelle des mines" bestätigt wird.

Dieser Ofen besteht aus 16 Kammern, doch könnten deren auch mehrere oder wenigere sein. Der Zug kann nach Belieben geregelt werden, und das angewendete Brennmaterial besteht nur aus Abfällen ohne Werth in den Steinkohlendistrikten, durch die aber eine grosse Menge von Gas entwickelt wird. Die Luft dringt nur durch zwei zusammenstossende offene Kammern ein, die eine, aus der man die gebrannten Ziegeln herausnimmt, und die andere, wo man die geformten und getrockneten Ziegeln einsetzt. Dann streicht die Luft ungefähr durch ein Drittel der ringförmigen Galerie, die mit gebrannten Ziegeln gefüllt ist, welche die Temperatur erhöhen. Der erste durchstrichene Ziegelhaufe ist beinahe kalt und der letzte hat die Temperatur der Weissglühhitze, d. h. eine Temperatur, welche wenigstens eben so hoch ist als die der folgenden Kammern, wo der Brand bewirkt wird.

Diese überhitzte Luft, welche in die Kammern, wo der Brand in Thätigkeit ist und in jene Kammern eindringt, welche man mit Brennmaterial ausgefüllt hat, vermischt sich mit den Gasen, die in den Oefen zirkuliren und sie entzünden.

Man erreicht auf diese Weise eine enorme Hitze, welche zur Vollendung des Brandes benützt wird und sich in einen kontinuirlichen Strom in den folgenden Kammern ausbreitet und die von ihr durchstrichenen Ziegelhaufen trocknet und erhitzt. Die nächsten Ziegelhaufen haben eine Rothglühhitze und sind bereit, das Brennmaterial anfzunehmen; die darauf folgenden erwärmen sich und die letzten entwickeln Volumen von Dampf, welche von dem Schornstein angezogen werden.

Dieses allmählige Trocknen der Ziegel, ihre Erwärmung bis zur Temperatur des Brennens, so wie ihre langsame Abkühlung geben ihnen einen viel grösseren Vorzug vor den gebrannten Ziegeln gewöhnlicher Oefen.

Zur Vollendung des Brandes braucht man nur durch 6,18 oder 24 Heizöffnungen eine geringe Quantität Brennmaterial (beiläufig 500 Grammes kleiner Steinkohlen) zu werfen. Die höhere Temperatur der Kammer bestimmt die augenblickliche Entwicklung der Gase, welche durch die Ziegelmassen zirkulirend sich mit dem Strom überhitzter Luft vermischen und überall brennen.

Nach einem Zeitraum von 3 bis 5 Minuten, je nach der Hitze, welche unterhalten werden muss, gibt man das Brennmaterial durch 6 andere Oeffnungen anf, und auf diese Weise fährt man fort, eine beständige Gaserzeugung zu erzielen.

Der Wärmestrom also, wie wir bereits gesagt, welcher aus den Kammern entweicht, in denen der Brand vor sich geht, erwärmt und trocknet die folgenden Ziegelhaufen, und erst wenn diese auf die Tem-

peratur der Kirschrothhitze gebracht sind gibt man das Brennmaterial auf.

Das Feuer dringt allmählig in der ringförmigen Galerie vor, und durch die Wegnahme der gebrannten und abgekühlten Ziegel, wie auch durch das Einsetzen der rohen Ziegel erhält man eine ununterbrochene Arbeit.

Nothwendig ist es einen hohen Schornstein zu haben, der einen kräftigen Zug hervorbringt, um die Dämpfe zu entführen, welche durch das Trocknen der Ziegel entwickelt werden. Der in Fig. 1 auf Seite 159 dargestellte Schornstein hat eine Höhe von $27^{m}0$ und der durch ihn hervorgebrachte Zug hat es bewirkt, dass man das Brennen in 16 Kammern in 12 Tagen bewirken kann, anstatt von einer Kammer pro Tag. Wenn man den Ofen mit trockenen Ziegeln besetzt, so wird die Erzeugung eine noch grössere sein.

Bei dem Brennen von Töpferwaaren muss das Brennmaterial in eine Retorte gebracht werden, damit es mit den ersteren nicht in Berührung kommen könne.

Die grössere Oekonomie, die in dem Ofen des Bett erreicht wurde, muss einem längeren Wege zugeschrieben werden, welchen die Verbrennungsprodukte zu machen haben, bevor sie in den Schornstein strömen; die Anzahl der Kammern, welche 12 betrug, wurde auf 16 gebracht; die ganze entwickelte Wärme wurde von den zwölf Kammern nicht absorbirt und es hat sich Herr Bett selbst vorgenommen, die Anzahl der in dem neu zu errichtenden Ofen, worin er 40000 Ziegel täglich brennen will, auf 20 zu erhöhen.

Bei der Methode des Aufgebens des Brennmaterials durch das Gewölbe kann man den Gang des Ofens beobachten und dessen Temperatur vollkommen reguliren, was ein wichtiger Vortheil ist. Das Einsetzen und Ausnehmen des Ofens geschieht ohne Unterbrechung des Vorganges im Ofen; eine Kammer wird mit rohen Ziegeln angefüllt, während man die nächste Kammer von den gebrannten und abgekühlten Ziegeln räumt.

Die Höhe der Kammern übersteigt kaum die, welche ein Mann mit den Händen erreichen kann, was für Einsetzen und Ausnehmen der Ziegel ein grosser Vortheil ist; auch ist man nicht der Gefahr ausgesetzt, dass die in den untern Reihen der Haufen liegenden Ziegeln durch das Gewicht der obern Ziegeln erdrückt werden.

Fig. 2 ist ein senkrechter Durchschnitt, Fig. 3 der Grundriss dieses neuen Ofensystems, Fig. 4 und 5 stellen im grösseren Massstabe die Verschlüsse der Kanäle, welche mit dem Schornstein in Verbindung stehen, und die Heizöffnungen dar.

Die ringförmige Galerie, in die man durch die Thüren *B* gelangt, die in der Umfangsmauer angebracht sind, wird in 16 Kammern getheilt; die Füchse *c* setzen den Fussboden dieser Kammern in Verbindung mit der Rauchkammer *E*, welche den Schornstein umschliesst, und es kann diese Verbindung nach Belieben mit den Glockenverschlüssen *F* (Fig. 4 und 5) geschlossen werden.

Ein Register oder eine Scheidewand kann in den senkrechten Falzen *G* hinabreichen, welche in dem Mauerwerk nächst jedem Fuchs *c* angebracht sind. Das durch die Gewölböffnungen aufgegebene Brennmaterial fällt durch die Oeffnungen, die sich beim Aufsetzen der Ziegelhaufen bilden, auf die Sohle des Ofens, wo die Füchse die Verbindung zwischen den verschiedenen Theilen darstellen.

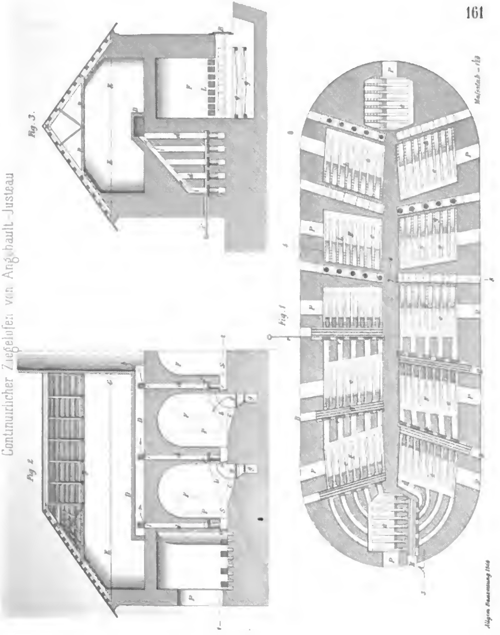
Man hat die Vortheile anerkannt, welche mit der Theilung des Ofens in 16 Kammern verbunden sind, wovon jede ihre Thür *B*, einen separirten Fuchs *c* und zwei Falze für eine Scheidewand hat, wodurch man eine dieser Kammern isoliren kann.

Durch die zweite ringförmige Galerie *I* kann man die auf der Maschine gemachten Ziegeln direkt in den Ofen bringen. Hebt man den Verschluss 0 (Fig. 4 und 5) dieser ringförmigen Kammer an dem Ende der ersten oder der zweiten Brennkammer, so dringt die heisse Luft direkt ein und kann zu der Kammer geführt werden, wo man die rohen und feuchten Ziegeln eingesetzt hat. Nachdem sie den Ziegelhaufen durchkreuzt, strömt diese Luft durch die Rauchkammer in den Schornstein und zieht mit sich die Dämpfe, die sich durch die Trocknung entwickelt haben.

Nehmen wir an (Fig. 8 und 9), dass das Register zwischen den Kammern 16 und 1 hinuntergelassen ist; der Ofen ist in vollem Brande und die Thüren der Kammern Nr. 1 und 2 sind offen, in Nr. 1 zum Eintragen der rohen Ziegeln und in Nr. 2 zum Ausnehmen der gebrannten Ziegeln. Die Kammern Nr. 3, 4, 5 und 6 werden mit gebrannten Ziegeln gefüllt, welche der kalte Luftstrom, der durch die Thüren Nr. 1 und 2 eindringt, abkühlt. Diese Luft, welche die

srechter Durchschnitt, Fig. 3
uen Ofensystems, Fig. 4 und 5
Iassstabe die Verschlüsse der
m Schornstein in Verbindung
ungen dar.
Ialerie, in die man durch die
in der Umfangsmauer ange-
Kammern getheilt; die Füchse
dieser Kammern in Verbin-
mer E, welche den Schornstein
n diese Verbindung nach Be-
verschlüssen F (Fig. 4 und 5

eine Scheidewand kann in der
hinabreichen, welche in den
en Fuchs c angebracht sind
ffnungen aufgegebene Brenn-
e Oeffnungen, die sich bei
fen bilden, auf die Sohle de
lie Verbindung zwischen den
larstellen.
eile anerkannt, welche mit der
16 Kammern verbunden sind
einen separirten Fuchs c und
eidewand hat, wodurch man
liren kann.
ringförmige Galerie I kann
ne gemachten Ziegeln direkt
Hebt man den Verschluss
rnigen Kammer an dem Ende
ten Brennkammer, so drängt
n und kann zu der Kammer
die rohen und feuchten Zie-
chdem sie den Ziegelhaufen
e Luft durch die Rauchkam-
und zieht mit sich die Dämpfe
nung entwickelt haben.
. 8 und 9), dass das Register
16 und 1 hinuntergelassen
em Brande und die Thüren
1 2 sind offen, in Nr. 1 man
geln und in Nr. 2 zum An-
Ziegeln. Die Kammern Nr.
t gebrannten Ziegeln gefüllt
m, der durch die Thüren Nr.
ihlt. Diese Luft, welche die



Ziegelofen von Hoffmann und Licht

Fig. 6.



Fig. 1.

Fig. 2.

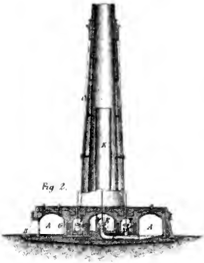


Fig. 7



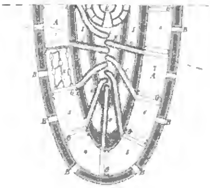
Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 3



Ziegelhaufen durchströmt, deren Temperatur mehr und mehr bis zur Glühhitze erhöht wird, erwärmt sich allmählig, und das Feuer der Kammern, wo das Brennen vor sich geht, empfangen sie bei einer Temperatur, welche mindestens der der Verbrennung gleich ist. Die Kammer Nr. 7 wird angezündet und die Nr. 8 bis zu einem Grade erhöht, dass sich das durch das Gewölbe aufgetragene Brennmaterial unmittelbar entzündet. Der heisse, durch die Kammern Nr. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 und 16 ziehende Luftstrom wärmt und trocknet allmählig die Ziegelstösse, die sie enthalten, und strömt dann, aufgehalten durch die Scheidewand zwischen Nr. 16 und 1, durch den Fuchs der Nr. 16 zu dem Schornstein, der die durch das Trocknen entstandenen Dämpfe aufnimmt.

Hat Nr. 1 einen vollständigen Satz von rohen Ziegeln erhalten, so hebt man die Scheidewand, welche sie von Nr. 16 trennt, und man lässt die zwischen Nr. 1 und 2 hinab, der Verschluss fällt auf den Fuchs von Nr. 16 der von Nr. 1 wird gehoben; man schliesst die Thür von Nr. 1, und öffnet die von Nr. 3, aus der man die gebrannten Ziegeln herausnimmt, während man Nr. 2 mit rohen Ziegeln besetzt.

Eiserne Taucherglocke nebst Zubehör für die Bauten im holländischen Ostindien.

Von den Ingenieuren **Tromp** und **Strootmann.**

(Mit Zeichnungen auf Seite 169 und 171.)

Im Jahre 1862 wurde durch die indische Verwaltung bei dem Ministerium der Kolonien die Anschaffung einer Taucherglocke nebst Zubehör beantragt, um verschiedene Arbeiten an dem Fluder des Wehres zu Lengkong am Porrongfluss in der Statthalterei Soerabaija vorzunehmen. Die oben genannten Ingenieure wurden beauftragt, ihre Meinung abzugeben, wie diesem Antrage am zweckmässigsten Folge geleistet werden könnte. Sie entsprachen dieser Einladung durch die Einsendung einer Zeichnung von einer Taucherglocke nach dem System des Ingenieurs der New-York Submarine Engineering Company, Maillefort. Auch wurden sie von der Staatsverwaltung bevollmächtigt, durch den Fabrikanten H. Hartogh Heys Jr. in Delft eine solche Glocke mit Luftpumpe, so wie bei Christie & Comp. zu Kralingen ein eisernes Fahrzeug dazu anfertigen zu lassen.

Im Monat August 1863 waren diese Gegenstände soweit vollendet, dass sie verladen und nach Ostindien geschafft werden konnten.

Die luftdicht verfertigte Glocke ist aus 10 Linien starken eisernen Platten hergestellt und besteht aus einer cylinderförmigen Arbeitskammer A (Seite 169 Fig. 1, 2), die durch eine konische Haube B mit der Röhre Z in Verbindung steht. Die Arbeitskammer ist von einem zweiten Cylinder Y umschlossen, der am Fusse durch eine Randplatte mit der Arbeitskammer A, an der oberen Seite aber durch eine konische Kappe mit der Röhre Z verbunden ist. Ausserdem ist die Verbindung der beiden Cylinder durch die Stangen B' noch mehr gesichert.

Der Zwischenraum C dieser beiden Cylinder dient sowohl als Luft- und Wasserkammer, sowie auch zum Einlegen von beiläufig 4600 Pfund eisernen Ballastes XX', welche Beschwerung erforderlich ist, um der Glocke beim Versenken ins Wasser die möglichste Stabilität zu geben.

Die Röhre Z kann nach Bedarf durch ein loses Stück oder durch zwei von je $1^m 90$ Länge erhöht werden. Durch den Ansatz eines solchen Röhrenstückes kann die Glocke auf eine Tiefe von $4^m 0$ versenkt werden; setzt man deren zwei an, so kann man die Einsenkung auf $6^m 0$ bringen.

Beide Röhren sind wie der mit der Glocke verbundene Theil Z an dem oberen Ende durch darauf genietete Platten E'' luftdicht abgeschlossen. In jeder dieser Abtheilungen befindet sich ein Mannloch (Fig. 9, 10), welches von beiden Seiten geöffnet und geschlossen werden kann.

In der Röhre Z stehen eiserne Leitern zum Ab- und Aufsteigen; durch die kupferne luftdicht verbundene Röhre D daselbst wird die durch die Luftpumpe

herbeigeführte frische Luft in die Arbeitskammer *A* geleitet.

Das obere Ende der Luftröhre *D* geht über den oberen Deckel *E* der Röhre *Z* hinaus (Fig. 3) und ist dort mit einer Doppelschraube zur Verbindung mit dem Luftkanal versehen. Das untere Ende der Luftröhre, die bis in die Arbeitskammer *A* reicht, ist durch die Klappe *P* (Fig. 5) abgeschlossen. Bei *L* (Fig. 1) ist ein kleiner Hahn angebracht, wodurch man frische Luft in die Röhre bringen kann, und an jedem der Deckel befindet sich ein an beiden Seiten bewegbarer Hahn *G*, *G'*, *G''* (Fig. 1, 3, 4, 5, 9 und 10), um die Luft an beiden Seiten der Deckel in's Gleichgewicht zu bringen.

In jeder der Röhren *F* und *F'* ist ein Oberlicht *U* (Fig. 1 und 10) mit dem eisernen Kanale *S*, durch welches das Licht in die Arbeitskammer fällt, wo die vier Sitzbänke *Q* (Fig. 1, 2) angebracht sind, die man leicht wegnehmen kann, was auch derselbe Fall ist mit dem in diesem Raume auf ┬ Eisen liegenden hölzernen Fussboden. *R* (Fig. 1) ist ein im Kreise herumlaufendes Eisen zum Aufhängen von Geräthschaften u. s. w.; an den Laschen *R'* kann eine Kette befestigt werden zum Aufhängen eines Watson'schen Patentflaschenzuges, um Steine u. s. w. aufwinden zu können.

In der Arbeitskammer *A* befinden sich zwei Dreiweghähne *J* (Fig. 1, 2, 6, 7 und 8), mit deren Hülfe die Glocke gehoben und gesenkt werden kann. Beide haben die gleiche Konstruktion. Bei dem Gebrauch der Glocke braucht man nur einen von diesen Hähnen; indessen hat man es für zweckmässig erachtet, deren zwei anzubringen, damit man einen in Reserve hat, wenn der eine unverhofft unbrauchbar werden sollte. Diese Hähne, welche luftdicht an die Wände der Arbeitskammer *A* und an die äussere Wand *Y* befestigt sind, haben die folgende Einrichtung.

Das Gehäuse des Hahnes ist so lang, dass es von der Wand *B* der Arbeitskammer bis durch die äussere Wand *Y* (Fig. 6) reicht. An der Seite der Arbeitskammer ist eine Vorrichtung mit einem Zifferblatt angebracht, auf welchem in drei gleichen Abständen die Worte „Senken, Heben, Ruhe" (dalen, ryzen, rust) verzeichnet sind. In dem Zapfen des Hahnes, woran ein Schlüssel mit Zeiger befestigt ist, befinden sich an beiden Enden durchlaufende Oeffnungen, die in der Mitte durch einen Steg geschieden sind, worin auf zwei Drittel vom Umfange zusammenlaufende Oeffnungen behufs der Ablassung der Luft aus der Luftkammer *C* gebohrt sind.

Diese Oeffnungen *K*, *M* und *N* in dem Gehäuse sind in der Art angebracht, dass sie mit dem Zapfen, der über einen dritten Theil vom Umfange ganz dicht ist, abgeschlossen werden können; es ist dann alle Gemeinschaft aufgehoben und alles in Ruhe.

Wenn der Zapfen um 120 Grad gedreht wird und der Zeiger auf „dalen" steht, entweicht durch die Oeffnung *K* die Luft aus der Luftkammer *C*, während gleichzeitig durch die Oeffnung *N* das Wasser von aussen einströmt. Die Glocke wird hiedurch schwerer und beginnt zu sinken, und ist man nun auf die gewünschte Tiefe gekommen, so wird der Zeiger des Hahnes *J* auf „rust" gesetzt, worauf alle Gemeinschaft aufs neue abgeschlossen wird und die Glocke in der verlangten Tiefe schwebend bleibt.

Soll die Glocke steigen, so wird der Zeiger des Hahnes auf „ryzen" gesetzt. Die Luft, die dann durch die Röhre *M* in die Kammer *C* kommt, presst das Wasser, das in der Kammer steht, durch die Röhre *N* nach aussen; mit anderen Worten, das in der Kammer *C* stehende Wasser wird durch Luft ersetzt, wodurch diese Kammer leichter gemacht wird und desshalb in die Höhe steigt.

Dieser Dreiweghahn, eine Erfindung des Fabrikanten der Glocke, ist eine wesentliche Verbesserung der Einrichtung, durch welche eine ausserordentliche Vereinfachung der Arbeit erreicht wird.

Bei der Taucherglocke des Maillefort muss man verschiedene Hähne öffnen und schliessen, um das Steigen und Fallen zu bewirken, womit also mehr Ueberlegung und Wachsamkeit verbunden ist. Hier aber geschieht alles durch einen einzigen Hahn und es hat der Arbeiter nur Acht zu geben auf die Stellung des Zeigers, um sicher zu sein, wie er den Hahn gestellt hat und welche Bewegung die Glocke darauf nehmen muss.

Zu dieser Glocke gehört eine Luftpumpe mit Cylindern von 0^m^22 Durchmesser und 0^m^25 Kolbenhub, so wie 15^m^ 0 Kautschuckröhren in drei Längen, welche durch kupferne Muffen nach Belieben verlängert werden können. Ueber der Pumpe ist ein Sicherheitsventil und ein Manometer angebracht.

Diese Luftpumpe kann, wenn man z. B. mit der Glocke in einer Schleuse arbeitet, auf die Schleusenmauer gesetzt werden.

Das Fahrzeug für die Taucherglocke ist Seite 171 dargestellt; es ist aus Blech angefertigt und hat einen flachen Boden mit abgerundeten Ecken am Vordertheil und an den Seiten. Am Hintertheil befindet sich eine kreisförmige Oeffnung zum Einsetzen der Glocke. Die Eisenstärken sind folgende: Boden und Seitenplatten 8 Linien, Verkleidung 8 Linien, Deckplatten 4½ Linien.

Wenn die Glocke an das Fahrzeug gehängt ist, wird sie mit einem Schlagbaum *A A* (Fig. 1, 2) von 26 und 100 Linien Stärke abgeschlossen.

Die Spanten von Winkeleisen bestehen aus: vier Hauptspanten von 7,6 und 7,6 Zoll und 9,5 Linien, 16 Zwischenspanten, die beiläufig 45 Zoll von Mitte zu Mitte voneinander entfernt sind, und 6 Kastspanten für den Kasten der Glocke; alle mit 6,3 und 6,3 Zoll und 7 Linien Dicke.

Von den durchgehenden Spanten ist der Theil der Bodenfläche bei jedem anderen Spant mit einem Winkeleisen von 5,1 und 5,1 Zoll bei 6 Zoll Dicke verstärkt. In der Achse des Schiffes liegt ein T Eisen *a b* (Fig. 2, 4) 12 Zoll breit, 1 Zoll dick mit einem 7 Zoll hohen, 3 Zoll dicken Rücken; in den Kimmen liegen die durchgehenden *T* Eisen *c d* von 12 und 13 Zoll und 13 Linien Dicke, welche mit den Winkeleisen der Spanten verbunden sind.

Zur Verstärkung des Fahrzeuges sind über die halbe Länge an den T Eisen in den Kimmen Querschotten *ef* von 8 Linien Stärke nach der ganzen Höhe des Schiffes angebracht. Von oben ist das Fahrzeug mit 4,5 Linien starken, eisernen Platten gedeckt und mit einem Gangbord versehen, zu welchem Zweck die nöthigen Spanten als Ramen herumgehen. Längs des äusseren Umfanges ist ein rund herumlaufendes Winkeleisen von 4,5 und 4,5 Zoll bei 6,5 Linien Dicke gelegt und gegenüber ein herumgehendes inneres Winkeleisen von 7,6 bei 7,6 Zoll und 9,5 Linien Stärke. An jeder Seite befinden sich zwei Ringe von Rundeisen von 26 Linien Dicke.

In dem Fahrzeuge sind zwei Böcke mit einer doppelt wirkenden Winde aufgestellt und befestigt. Die Füsse der Böcke sind aus doppelten Winkeleisen von 8 und 8 Zoll Stärke bei 10 Linien Dicke zusammengestellt, und dazwischen ist ein Flacheisen von 16 Zoll Breite und 1 Zoll Dicke befestigt; von oben ist diese Platte über die ganze Breite und an beiden Seiten mit einer 2 Zoll dicken Platte verstärkt; von unten sind die Bockfüsse mit Schuhen *g* mit Schraubenbolzen an die Kimmwinkeleisen befestigt. Durch die Diagonalbänder *h* sind die Bockfüsse miteinander verbunden. Von unten ist an dem T Eisen und Kimschot eine 13 Linien dicke Platte zur Befestigung des Fussblockes *k* angenietet. Oben sind die beiden Bocksfüsse durch einen Querbalken *l l* verbunden, durch den die Röhre der Taucherglocke geht; der Querbalken besteht aus T Eisen von 13 und 13 Zoll bei 10 Linien Dicke; an den Enden ist ein Stab *l m* von 10 und 10 Zoll Stärke zwischen den T Eisen befestigt. Die Enden des Querbalkens *l l* ruhen auf gusseisernen Konsolen *n* und sind durch die Verstärkungsplatten der Bockfüsse gezogen, wonach sie mit einer Schraube und Mutter abgeschlossen sind.

Zum Aufwinden der Glocke ist an den Querbalken *l l* ein doppelter Hängebügel angebracht, welcher mit den gehörigen Vorrichtungen versehen ist.

An dem Vordertheil des Schiffes ist die doppelt wirkende Winde *G G* auf einer Grundplatte aufgestellt. Die Winde hat eine doppelte Kettentrommel mit zehn Zoll starker durchlaufender Achse und einer Bremsvorrichtung *H*. Das grosse Kammrad hat einen Durchmesser von 0^{m} 83 und 67 Zähne, die mittleren Räder haben 0^{m} 50 Durchmesser und 40 Kämme, während die schmiedeisernen Getriebe 0^{m} 16 im Durchmesser halten und 10 Zähne haben. Die Achsen der Getriebe und Mittelräder haben 5,5 Zoll Stärke und ruhen in bronzenen Lagern. Die Achsen der Getriebe sind mit durchgehenden Kurbeln versehen, welche auf dem Gangbord des Schiffes drehbar sind. Die Kurbelstangen *pp* sind 3 Zoll dick.

Die Winde wirkt durch die zwei Ketten *G f* (Fig. 2) von 13 Linien Stärke, die über die Leitscheibe *k* laufen.

Zum Ausschöpfen des Wassers aus dem Fahrzeuge sind die zwei Handpumpen *q* aufgestellt.

B e h a n d l u n g und W i r k u n g der G l o c k e. — Nachdem die erste Röhre *F'* (Seite 169) mittels Kautschuckränder und Schrauben luftdicht an der Glocke befestigt worden, wird sie an dem Fahrzeuge hängend nach dem bestimmten Platze geschafft.

Will man mit der Glocke auf eine Tiefe von 4^{m}0 wirken, so werden

1. Die Lufthähne G, die Luftröhre D und die Luftpumpe gehörig aufgestellt und befestigt und es wird an den Ring V (Fig. 1) der Glocke ein Tau gebunden.

2. Die beiden Deckel der Mannlöcher W (Fig. 1) werden geöffnet und man beginnt mit dem Legen des aus 14 vierkantigen Stücken bestehenden ringsumher laufenden Ballastringes X' in der Kammer C; hierauf werden die 146 flachen segmentförmigen Stücke a' mit Umsicht und Genauigkeit in die Kammer C gelegt.

Während dieser Arbeit wird die Glocke von Zeit zu Zeit aufgewunden und der Gegenballast so viel als möglich in das Vordertheil des Fahrzeuges gelegt; auch muss man die Glocke vor dem Höherhängen von unten mit Luft füllen.

Es werden nun die Mannlochdeckel W geschlossen, worauf man die Glocke, von dem Fahrzeuge losgemacht, sich ganz selbst überlässt, um das Gegengewicht der Glocke zu prüfen. Wird dieses nicht genau befunden, so muss der eine Mannlochdeckel W weggenommen und der Ballast so lange anders gelegt werden, bis die Glocke im Gleichgewicht mit der Luft schwimmt.

3. Die Glocke wird nun neuerdings mit Luft gefüllt, so dass sich die Luft von unten entleert. Hierauf begeben sich die Mannschaften (einer oder zwei) durch das obere Mannloch E' in die Röhre F'; der Deckel wird geschlossen und sie öffnen den Lufthahn L, der in der vertikalen Luftröhre angebracht ist. Hierdurch entsteht allmählig das Gleichgewicht zwischen der Luft in der Arbeitsstube A und der in der Röhre F' befindlichen Luft. Inzwischen macht man den untersten Deckel E'' los und lässt gleichzeitig langsam die Luft durch den unteren Lufthahn G'' in die Röhre F' strömen, worauf sich der Mannlochdeckel E'' öffnet, so dass das Gleichgewicht hergestellt wird und man in die Glocke steigen kann. Dieses Mannloch kann alsdann offen bleiben. Eine nicht reichliche Zuströmung von Luft kann der Beweggrund sein, um es zu schliessen.

Zu dieser Versenkung braucht man ungefähr zwei Minuten.

4. Soll man sich aus der Glocke nach oben begeben, so steigt man durch das meistens aufstehende Mannloch E'' in die Röhre F', schliesst den Deckel E'' und dreht den Hahn G'' auf, der sich an der oberen Platte befindet. Hierdurch stellt sich die Luft bei F' in Gleichgewicht mit der äusseren Luft und die Folge davon ist, dass man das Mannloch E' öffnen kann.

5. Wenn die Glocke versenkt werden soll, so wird sie von den Ketten losgemacht; man dreht die Zeiger von dem einen Hahn oder von beiden Hähnen J von dem Stand „Ruhe“ auf den von „Sinken“. Hierdurch entflieht die Luft aus der Kammer C und an deren Stelle tritt dann das Wasser.

Ist man bis zu der bestimmten Tiefe gesunken, so stellt man den Zeiger des Hahnes J wieder auf „Ruhe.“

Muss man auf eine feste obere Fläche wirken, so stellt man die Glocke auf 3 oder 4 Stück Eisen oder Stein und lässt dann noch etwas Wasser, vor dem festen Stande, in die Kammer C, wonach die Arbeit begonnen werden kann.

6. Will man mit der Glocke steigen, dann wird der Zeiger des Hahnes J von „Ruhe“ auf „Steigen“ gestellt (hierbei kann die Luftpumpe etwas schneller bewegt werden), worauf das in C sich befindliche Wasser durch das Eindringen der Luft aus der Kammer C entfernt wird, wonach die Glocke steigt. Will man die Wirkung der Luftpumpe aufhalten, so hängt man die Haken der Böcke an die Ringe V und hängt dadurch die Glocke an das Fahrzeug.

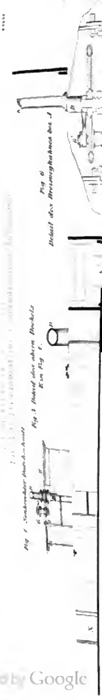
Es ist noch zu bemerken:

a. Dass man jederzeit daran denken muss, die verschiedenen Lufthähne nach ihrem Gebrauch in gutem Zustand herzustellen.

b. Dass man die eisernen Röhren nach der Auslassung von Luft aus der Kammer C vom Wasser säubert.

c. Dass sich stets eine Person bei dem oberen Mannlochdeckel zur Assistenz befindet, und dass man

d. mit den in der Glocke befindlichen Personen stets eine Verbindung unterhalten muss und zwar durch vorher bestimmte Zeichen, die durch langsame, deutliche Schläge mit dem Hammer an die Wände der Glocke gegeben werden. Grössere Mittheilungen schreibt man mit Kreide auf ein Brett, das an jedem Ende ein Seil hat, wovon ein Ende in der Glocke befestigt worden ist.



hen Ostindien.
Röhre F, schliesst den Deckel
n G″ auf, der sich an der d
erdurch stellt sich die Luft i
it der äusseren Luft und d
man das Mannloch B öffne
ke versenkt werden soll,
n losgemacht; man dreht d
Hahn oder von beiden Hähne
" auf den von „Sinken" Her
ft aus der Kammer C und
das Wasser.
er bestimmten Tiefe gesunke
ger des Hahnes J wieder a
se feste obere Fläche wirk
ke auf 3 oder 4 Stück Ei
ann noch etwas Wasser,
die Kammer C, wonach d
n kann.
der Glocke steigen, dann v
J von „Ruhe" auf „Steige
die Luftpumpe etwas schnel
uf das in C sich befindlich
ringen der Luft aus der Ka
onach die Glocke steigt. W
Luftpumpe aufhalten, so hä
Böcke an die Ringe V u
ke an das Fahrzeug.
merken:
zeit daran denken muss,
he nach ihrem Gebrauch
llen.
sernen Röhren nach der A
der Kammer C von Wass
eine Person bei den ober
istenz befindet, und das m
Glocke befindlichen Person
unterhalten muss und zw
Zeichen, die durch langsam
n Hammer an die Wände d
en. Grössere Mittheilunge
e auf ein Brett, das an jed
n ein Ende in der Glocke b

EISERNER TAUCHERAPPARAT,
für den Baudienst im holländischer Ostindien

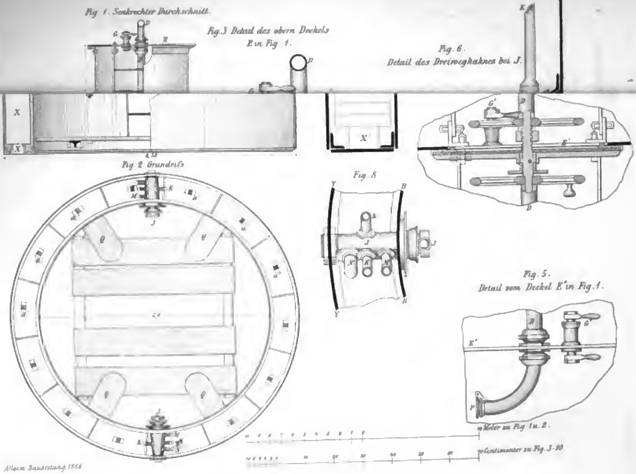


Fig 1. Senkrechter Durchschnitt.

Fig. 2 Grundriss

Fig. 3 Detail des obern Deckels E in Fig 1.

Fig. 5. Detail vom Deckel E″ in Fig. 1.

Fig. 6. Detail des Dreiweghahnes bei J.

Fig 8

Meter zu Fig 1 u. 2.

Centimeter zu Fig. 3-10

Allgem. Bauzeitung 1864

Fig. 9

Durchschnitt nach AB in



Fig. 10 Durchschnitt nach

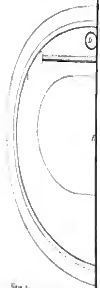


Fig. 9.
Durchschnitt nach AB in

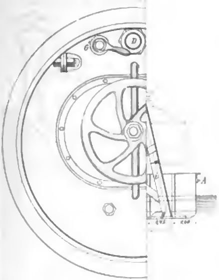


Fig. 3. Durchschnitt nach CD in Fig 2.

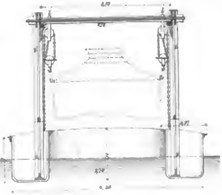


Fig 10. Durchschnitt nach

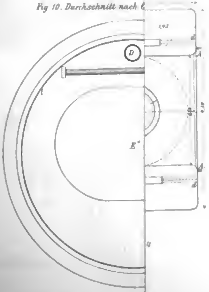


Fig 4. Durchschnitt nach AB in Fig 2

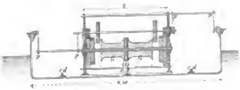


Fig. 2. Schnitt nach AB in Fig. 1 u. 4



Fig. 6



Pumpe von Filoteau

Fig. 2. Schnitt nach A B in Fig. 1 u. 4.

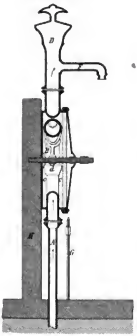


Fig. 1. Vordere Ansicht.

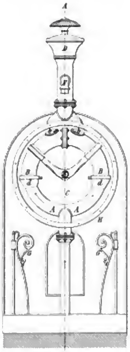


Fig. 3. Seitenansicht.

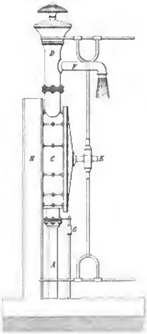


Fig. 4. Grundrifs.

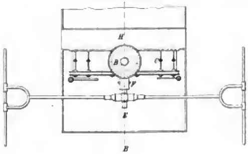
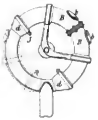


Fig. 6



Fig. 5



Auf die Zuströmung der Luft ist eine besondere Aufmerksamkeit zu verwenden, und es muss dieselbe, welche sowohl zu stark als zu gering sein kann, nach den aus der Glocke gegebenen Zeichen regulirt werden. Auch muss man auf die Bewegungen der Röhren achten, die bei dem Entweichen der Luft beträchtlich sind und so die steigende Bewegung verzögern können.

7. Wenn man in einer Tiefe von 6^{m}0 arbeiten muss, so hängt man die Glocke an das Fahrzeug und bringt die Mannlochdeckel W über Wasser, worauf man den Rest des Ballastes X (20 bis 22 Stück) in die Kammer C legt. Dann lässt man die Glocke wieder mit der Luft schwimmen und beobachtet, ob sie sich im Gleichgewicht befindet; ist dies der Fall, so senkt man die Glocke auf 4^m 0 Tiefe.

Hierauf nimmt man die Luftröhre D ab, stellt die zweite Röhre mit Hülfe des Bockes auf die Glocke und befestigt dann wieder die Luftröhre D u. s. w. Dann kann man auf dieselbe Weise, als für die Versenkung von 4^{m}0 Tiefe angegeben wurde, in die Glocke hinabsteigen und nach Belieben sinken oder steigen.

Gewicht	Schmiedeisen	Gusseisen	Messing und Kupfer
A. Die Glocke mit der Röhre Z mit Einschluss der Mannlochdeckel u. s. w.	3910	363	83
Die Röhre F' mit Mannlochdeckel u. s. w.	526	53	16
Die Röhre F mit Mannlochdeckel u. s. w.	518	55	16
185 Ballaststücke	—	5198	—
B. Das Fahrzeug mit den Böcken zum Aufhängen der Glocke	11745	385	3
Die Winde mit Zubehör	445	2057	14
Ketten	310	—	—
Summa	17454	8109	132

Die Kosten der Glocke nebst allem Zubehör beliefen sich auf . . . . . . 4470 fl.

Die Kosten des Fahrzeuges nebst dem Gestell für die Glocke, der Winde etc. auf 4120 „

Summa 8590 fl.

Zur Anfertigung des ganzen Apparates muss eine Zeit von fünf Monaten gestellt werden.

Saug- und Druckpumpe mit doppelter Wirkung.

Von Herrn **Filoteau** zu Angers.

(Mit Zeichnungen auf Seite 173.)

Mit dieser Pumpe lässt sich der luftleere Raum ohne den Kraftverlust herstellen, den die Reibung der Kolbenliderungen verursacht, und es ist nur das Gewicht des Wassers zu heben.

Ein gekrümmtes Rohr $B\,B$ folgt auf natürliche Art der Achse E an den Saugröhren oder dem Pumpenstiefel $A\,A$ (Fig. 1 und 5 Seite 173), welche an den Enden mit ihren Klappen a (Fig. 6) versehen sind, die durch ihre Lage den Vortheil haben, dass sie vor Sand und andern fremden Körpern geschützt sind, welche den gewöhnlichen Pumpen immer schädlich werden. Das gekrümmte Rohr $B\,B$ bildet die beiden Kolben, welche eine Scheidewand c (Fig. 1 und 5) haben, wodurch sie in zwei getheilt werden; jeder dieser Kolben ist mit einer Klappe b und einer Liderung d an ihren Enden versehen.

Wenn die Bewegung eines Kolbens auf einer Seite von unten nach oben stattfindet, so ist seine Klappe b geschlossen, die Luftleere geht in dem gekrümmten Rohre A vor sich und das Wasser steigt durch die Klappe a. Das Umgekehrte geschieht auf der andern Seite; indem der andere Kolben fällt, schliesst sich die Klappe a, die Klappe b des Kolbens öffnet sich und das Wasser steigt in dem Druckrohr D und fliesst durch den Ausguss F ab.

Der ganze Apparat befindet sich in einem Behälter C, der zweitheilig ist; ein Theil ist mittels Bolzen an der Bohlenverkleidung befestigt, und der andere Theil lässt sich beliebig abnehmen, um die Kolben zu untersuchen.

In Fig. 5 sieht man in punktirten Linien die Bewegung der Kolben im Pumpenstiefel.

Man kann diese Pumpe nach Bedürfniss zu Ausschöpfungen, Bewässerungen und bei Feuersgefahren verwenden und sie kann durch verschiedene Motoren in Bewegung gesetzt werden.

Apparat zum Messen des Wassers.

Von **Clement.**

(Mit Zeichnungen auf Seite 179.)

Dieser Apparat besteht aus einem prismatischen Körper, dessen sechs Seiten zur Verbindung der verschiedenen Organe des Messers benutzt werden. Die vier Seitenflächen haben je eine grosse Oeffnung, in welcher eine metallene Kalotte angebracht ist, deren Bügel ausserdem den Zweck haben, dass zwischen den beiden mittels Bolzen verbundenen Piecen eine Lederscheibe befestigt wird, die eine Klappe bildet. Diese sonach um die senkrechte Achse des Apparats angeordneten Klappen bilden die Räume, in denen das Wasser während seiner Durchströmung gemessen werden muss.

An der obern Fläche ist ein Minutenwerk angebracht, das durch die Umdrehung einer Centralwelle bewegt wird, die mit den vier ledernen Taschen durch kleine gegliederte Stangen verbunden sind.

Endlich ist die untere Fläche innerhalb mit dem Vertheilungshahn versehen, der mit der Hauptachse verbunden ist; dieser Hahn hat zwei Oeffnungen nach entgegengesetzten Richtungen, durch welche das ganze Wasser, das bei den Klappen ankömmt, und das ganze daraus hervorfliessende Wasser strömen muss.

Der eine der Kanäle mit durchlöchertem Schlüssel führt das Wasser, welches das Innere des Apparats anfüllt, in den Raum von einer dieser Klappen; durch den anderen dagegen kann das in dem Raume der entgegengesetzten Klappe befindliche Wasser nach aussen durch eine Oeffnung abfliessen, die unter dem Messer angebracht ist und in steter Verbindung mit der zu speisenden Leitung steht.

Fig. 1 ist ein senkrechter Schnitt durch die Achse des Apparats; Fig. 2 ein horizontaler Schnitt durch die Mitte des Zapfens der senkrechten Spindel des Vertheilungshahnes. Das Wasser geht durch die Röhre *A* in den innern Raum *B* des Messers, füllt diesen ganzen Raum aus, und tritt vor die Oeffnung *c* des Vertheilungszweiweghahnes *C*, welcher nach der Anordnung der Fig. 1 einerseits dem Wasser des Raumes *B* gestattet, durch einen der Verbindungskanäle *d* in eine der Taschen *D* zu fliessen, während anderseits das Wasser der entgegengesetzten Tasche *D'* durch den Canal *c'* des Schlüssels vom Hahn und durch die Oeffnung *Y* entweicht, welche mit der Ausflussöffnung *Z* korrespondirt. Dieser Hahn besteht aus einem Gehäuse *C*, das fest an dem Gestell sitzt, und aus einem Schlüssel *C'*, der sich gleichzeitig mit der Hauptachse des Apparats dreht, welche letztere eine zusammengesetzte Kurbel *e* hat, wodurch sie mit den vier ledernen Taschen des Messers mittels der kleinen Gestänge *F*, *F'*, *F''* und *F'''* in Verbindung steht, welche den Zweck haben, die Taschen zu öffnen oder zu schliessen; diese ledernen Taschen *G*, *G'*, *G''* und *G'''* sind resp. einerseits an den vier senkrechten Flächen des Gestelles, anderseits durch die Bolzen *g* mit den Enden der Kurbeln *F* befestigt. *K* ist die Kammer des Gegendruckes, welche den Zweck hat durch die Membrane *k* und die daran anstossende Platte den Schlüssel *C'* zu verhindern, dass er in dem Gehäuse zu stark gepresst sei; zu diesem Zweck ist die Kammer *K* durch das Rohr *I* in steter Verbindung mit dem innern Raum des Zählers.

M ist die Oeffnung, durch welche die im Messer sich angesammelte Luft entweicht; *m* sind Ventile zur automatischen Rückkehr dieser Luft in den mittleren Raum.

Die übrigen Organe werden zum Zählen der Anzahl der Umgänge der Hauptachse verwendet; *p* ist eine Scheibe mit abgerundeten Rändern, welche durch einen durch die Stopfbüchse *q* reichenden Stift mit der Hauptachse bewegt wird; *p'* Kegel von Gutta-Percha, den man an dem Stabe so verschieben kann, dass er an einem seiner obern Basis mehr oder minder näheren Punkt mit der Scheibe in Berührung gebracht wird; *r s* sind Räder des Minutenwerks, *t* ein mit der Spindel des Rades *s* fest verbundener Zeiger des Zifferblattes *t'*.

Alle Organe des Uhrwerks sind in einem besondern mit dem Glase *V* bedeckten Kasten eingeschlossen.

Aus dieser Beschreibung ersieht man also, dass das Wasser frei in das Gehäuse des Wassermessers eintritt, dass es dort auf die obere Oeffnung des Hahnes stösst, dass es durch dieselbe in eine der ledernen Taschen fliesst, die sich aufbläht und durch das korrespondirende Gestänge auf die Achse des Apparates wirkt. Kurz hevor die Tasche ganz gefüllt wurde, ist die Fnnktion des Gestänges eine solche, dass sich die Achse mit dem Hahn um diejenige Quantität gedreht hat, welche nothwendig ist, damit die Vertheilung schon in der nächsten Abtheilung beginnt, wo der Vorgang derselbe ist, und dass nach einer neuen Viertelumdrehung dieser Hahn, der sich im Ganzen um einen halben Umgang gedreht hat, seine Auslassöffnung dem Kanal der ersten Tasche zuwendet, so, dass das Wasser, das früher darin eingeschlossen war, herausfliessen kann. In dem Moment, wo dieses Wasser ausfliesst, füllt sich die entgegengesetzte Tasche und es trägt folglich das Wasser durch seine Wirkung zur Leerung der ersten Tasche bei.

Es kann daher der Apparat unter sehr schwachen Drücken arbeiten und der Verlust an Druckhöhe, welcher durch die Arbeit entsteht, ist immer sehr klein.

Die Räder des Uhrwerks werden durch die Centralachse in Bewegung gesetzt; hevor man aher die Theilung mit der grössten Genauigkeit reguliren kann, gestattet dieses Uhrwerk eine Transmission mittels Scheibe und Friktionskegel. Die Scheibe, welche mit der Hauptachse verhunden ist, wirkt durch ihre Peripherie auf einen kleinen Kegel von Gutta-Percha, der mit fortgeschoben wird, und indem dieser Kegel um eine geringe Quantität in der Richtung seiner Achse verschoben wird; kann jeder Umgang der Scheibe dahin geführt werden den Kegel und die Getriebe in Folge eines mehr oder minder grossen Bruchtheils von einem Umgange zu drehen. Diese Leichtigkeit, den Messer im Moment der Konstruktion zu reguliren, wird in dem Falle noch schätzenswerther sein, wenn die Erfahrung beweist, dass die durch das Leder geschlossenen Räume nach Verlauf einer gewissen Zeit der Anwendung das Volumen sichtlich vermehrt haben.

Zwei Bemerkungen sind noch zu machen. Es wurde gesagt, dass die von den ahwechselnd gefalteten und gespannten Ledertaschen geschlossenen Räume in gewissen Momenten durch den in dem Schlüssel des Hahnes angehrachten Kanal mit dem Innern des Messers in Verbindung ständen. Der Autor hat eine andere viel kleinere Verbindung hergestellt, welche durch eine Klappe geschlossen wird, um die Lnft, die sich in den Taschen sammeln könnte, in den Messer wieder zurückzulassen.

Dieses Organ ist wesentlich zum Ausstossen der Luft, doch haben wir keine Gewissheit, ob auch die Klappen eine sehr kräftige automatische Wirkung äussern werden.

Unter der Ausflussöffnung hat der Boden des Apparates ein weites Loch, das durch ein Leder gehalten wird, über dem sich eine Art von Kammer, die Gegendruckkammer, befindet, welche in beständiger Verhindung mit dem Innern steht. Da der Druck, der unter dem Leder ausgeüht wird, sich auf den Schlüssel des Hahnes fortpflanzen kann, so vermeidet man es auf diese Weise, dass er zu stark in sein konisches Gehäuse eindringe und dass er der rotativen Bewegung der Gestänge nachgibt, welche die Vertheilung herstellen.

Die Versuche, welche man mit dem Clement'schen Wassermesser angestellt, ergahen folgende Resultate:

1. Indem man die Druckhöhe zwischen 3^m84 bis 14^m0 abwechseln liess, fand man niemals eine Differenz von 1 Liter pro Hektoliter zwischen der direkt gemessenen und der von dem Messer angegebenen Wassermenge, obschon die Oeffnung des Hahnes eine sehr veränderliche war und der Abfluss bei mehreren Versuchen absichtlich häufig während der Probe unterbrochen wurde.

2. Der Verlust an Druckhöhe, welcher durch den Durchfluss des Wassers im Apparat entsteht, hat sich niemals durch eine grössere Differenz des Druckes als 0,017 Atmosphäre offenhart, welcher Umstand diesem Apparat einen bedeutenden Vorzug vor den meisten bestehenden Wassermessern verleiht.

3. Die Messung geht auch dann vor sich, wenn der Ahfluss tropfenweise stattfindet.

Versorgung der Stadt St. Etienne mit trinkbarem Wasser.

Von den Ingenieuren **Greffe** nnd **Montgolfier.**

Wie die meisten Städte und Gemeinden, denen es an Wasser mangelt, die Wichtigkeit eines beständigen Zuflusses dieses Lebenselementes einsehen und alle Opfer darbringen, um ihren Bevölkerungen ein gesundes Nahrungsmittel zu verschaffen, fühlte auch die Stadt St. Etienne die Nothwendigkeit der Herbeischaffung eines solchen statt des bisher ihr zu Gebote gestandenen Wassers des die Stadt durchschneidenden Flusses Furens, welches, nachdem es eine Menge industrieller Anstalten bedient, in so hohem Grade schmutzig und schlammig zur Stadt gelangt, dass es ganz schwarz und stinkend ist, so dass es zum häuslichen Gebrauch gar nicht verwendet werden kann. Wäre dieses Wasser auch einer Klärung fähig, so müsste es doch erst in Reservoirs gehoben werden, um es nnter die Bewohner zu vertheilen.

Durch den Entwurf der oben genannten Ingenieure, nach welchem das Wasser an seinen Qnellen gefasst wird, hat die Stadt St. Etieune ihre Wünsche erreicht und sie ist in den Stand gesetzt worden, ihre Bewohner mit klarem nnd gesundem Wasser zu versorgen. Es wurde dabei von Seite der Bevölkerung kein Opfer gescheut, und da der Furens ein veränderlicher Wasserlauf ist, der nach heftigen Regengüssen und nach dem Schmelzen des Schnees der nahen Gebirge austritt, so waren vor allem solche Anlagen auszuführen, welche den Ueberschwemmungen vorbeugen.

Zu diesem Behuf bildeten diese Ingenieure oberhalb des 12 bis 13 Kilometer von St. Etienne gelegenen Dorfes Roche-Taillér ein sehr grosses Reservoir, welches 2 Millionen Kubikmeter Wasser bei einer Ausdehnung von ungefähr 1500^{m}0 fassen kann und welches sich aus den Ansammlungen bei Hochgewässern des Furens zweimal jährlich füllen lässt.

Das Wehr, welches dieses grossartige Reservoir schliesst, hat eine Länge von 120^{m}0 bei einer Tiefe von 50^{m}0; es ist ganz aus Bruchstein nnd Mörtel von hydraulischem Kalk auf einer Basis von 42^{m}0 Breite erbaut, die sich bedeutend verjüngt nnd eine Art von parabolischem Bogen an der, der benetzten Fläche gegenüber liegenden Seite bildet und sich gegen das obere Niveau auf 6^{m}0 Stärke rednc irt. Dieses Wehr ist eine wahrhaft merkwürdige Arbeit, über die man um so mehr erstaunen muss, als es in einer sehr malerischen Gegend mit häufig senkrechten Felsenpartien zwischen sehr hohen Gebirgen erbaut ist, an deren Fuss der Furens in Kaskaden herausstürzt und mit einer grossen Geschwindigkeit dahin strömt. Das Quellwasser, das zur Speisung der öffentlichen Brunnen in St. Etienne bestimmt ist, wird da, wo es zu Tage tritt, durch sorgfältig bearbeitete Steine aufgefangen und in Rinnen aus Cement von verschiedenen Dimensionen in Verbindungsbehälter (regards de jonction) und von da durch Aqnadukte und Röhren bis in die Bassins der Stadt geführt.

Aus den nachstehenden Figuren lernt man das ökonomische System, wonach diese Arbeit ausgeführt wurde, kennen.

Figur 1 nnd 2 ist ein senkrechter und ein horizontaler Schnitt von einem Sammelbecken und in

Fig. 1.

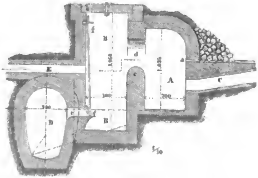
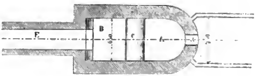


Fig. 2.



Wassermesser von Clement.

Fig. 1.

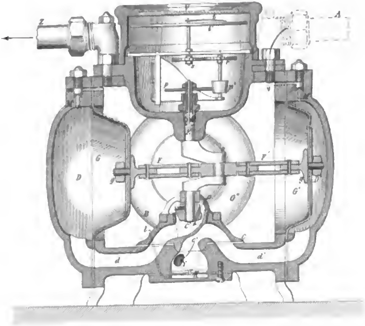
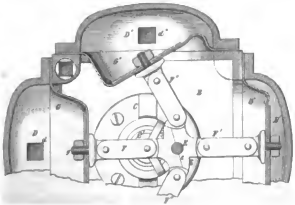


Fig. 2.



einem Massstabe von 2 Centimetern pro Meter gezeichnet. Es besteht aus zwei Räumen, wovon der eine minder tiefe *A* das durch die Auffangrinnen *C* herbeigeführte Wasser aufnimmt; die letztere ist an dieser Stelle mit einem Steinwurf behufs der Filtration überschüttet; eine kleine Oeffnung *a*, barbacanne genannt, geht durch die Mauerstärke, um das filtrirte Wasser durchzulassen.

Der zweite an seinem obern Theil offene Raum *B* wird mit einer Steinplatte *b* geschlossen, die man im Nothfalle wegnehmen kann, um das Innere zu untersuchen; dieser Raum ist von dem ersten durch eine Mauer von 0m30 Stärke getrennt, worin sich eine Oeffnung *d* befindet, welche einen grössern Querschnitt hat als die Auffangrinnen, um das Wasser abfliessen zu lassen, das durch letztere herbeigeführt wurde und in dem ersten Raume die ihm beigemischten Sinkstoffe abgesetzt hat. Der Aquadukt *D*, welcher das Wasser zur Stadt leitet, steht mit dem untern Theil dieses Behälters durch eine Oeffnung *e* in Verbindung, die man nöthigenfalls mit einer gusseisernen Klappe *f* schliesst, welche mit einer mit einem Griff versehenen Zahnstange *g* gehandhabt wird, die aber nur für den, den Dienst versehenden Mann zugänglich ist, denn es muss zu diesem Behufe die Platte *b* gehoben werden, welche die Oeffnung des Sammelbeckens bedeckt und mit einem Riegel und Vorlegeschloss wohl verwahrt ist.

Ein als Ablass dienender Kanal *E* ist gegenüber der Oeffnung *d* und etwas unter dem Niveau derselben zum Abfluss des überflüssigen Wassers, das nicht direkt von dem Aquadukt aufgenommen wird, angebracht.

Die Rinnen, welche je nach den Stellen ihres Laufes, wo sie sich befinden, verschiedene Querschnitte haben, sind gänzlich aus Cementbeton hergestellt und im Allgemeinen aus zwei Stücken geformt, die man übereinandergesetzt und mit einer dünnen Cementschicht verbunden hat.

Figur 3 ist ein Querschnitt der Hauptrinne, welche die grösste lichte Weite hat; ihr Gewölbe, ein aus drei Mittelpunkten beschriebener gedrückter Bogen, ist vorher gegossen und erst dann auf seine Widerlager gesetzt worden.

Figur 4 ist der Querschnitt einer kleinern Rinne von 0m15 lichter Weite; ihr Bogen ist halbkreisförmig; die Verbindung findet gerade im horizontalen Durchmesser statt.

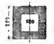
Fig. 3.



Fig. 4.



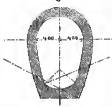
Fig. 5.



Figur 5 ist der Querschnitt einer Rinne mit quadratischem Querschnitt und einer lichten Weite von nur 0m12; sie ist aus gleichen übereinandergesetzten Theilen geformt und in der Mitte verbunden. Auch noch zwei andere Rinnen sind zur Verwendung gekommen, welche ebenfalls einen quadratischen Querschnitt mit resp. 0m10 und 0m08 lichter Weite haben.

Die Aquadukte, welche sämmtlich die in Fig. 1 angegebene Querschnittsform haben, sind in ihrer lichten Weite verschieden. Die mit grossem Querschnitt (Fig. 6) haben im Innern einen grössten Durchmesser von 0m80 bei einer senkrechten Höhe von 1m52, der mittlere Querschnitt (Fig. 1) hat 0m70 Durchmesser bei 1m15 Höhe, und der kleine Querschnitt 0m60 bei 0m90.

Fig. 6.



Diese Aquadukte sind in eine solche Tiefe gelegt, dass die Aufträge über ihren Gewölben überall eine geringste Stärke von 1m20 haben.

Dieses Werk dehnt sich auf eine Länge von 18 Kilometern aus, nämlich:

7 Kilometer mit grossem Querschnitt,
5 „ mit mittlerem „
3 „ mit kleinem „
3 „ die Hauptrinnen.

Es empfängt das Wasser aus einem Netz von geringeren Leitungen aus Cementbeton oder aus gebranntem Thon, dessen Entwicklung über 200 Hektaren Land vertheilt, beiläufig 70 Kilometer beträgt. Im Allgemeinen beträgt das Gefälle 3 Millimeter pro Meter. Die Niveaudifferenzen und das natürliche Ge-

fälle des Bodens werden durch Wasserfälle überwunden, die in gewissen Abständen angelegt sind. Die Wasserfälle bilden geneigte Ebenen mit Abstufungen.

Die Wassermenge der aufgefangenen Quellen beträgt pro Sekunde bei 200 Liter, oder

$0^{mc}\ 200 \times 60 \times 60 = 720$ Kubikmeter

pro Stunde und es entfällt daher bei einer Bevölkerung von 100000 Seelen mehr als 170 Liter auf jeden Bewohner.

Bei der trockensten Jahreszeit fällt die Wassermenge nicht unter 100 Liter pro Sekunde; es strömen daher immer noch mehr als 8500 Kubikmeter täglich herbei, so dass pro Individuum immer noch ein Quantum von 85 Liter verbleibt, das aber nach den Bedürfnissen der Stadt vergrössert werden kann, wenn man die Reservoirs mehr oder minder anzapft. Diese zeitweisen Absticho sind der öffentlichen Gesundheit keineswegs nachtheilig, denn die Erfahrung hat gelehrt, dass das Wasser der Reservoirs dieselben Eigenschaften besitzt als das Wasser, das den Quellen direkt entnommen wird.

Die Temperatur des Wassers ist an den Quellen bloss 6° (Celsius) und 8° in den Bassins der Stadt.

Für Privat-Gebäude werden Konzessionen zu 7 Francs pro Person und Jahr ertheilt; eine Haushaltung von 4 Personen hat daher jährlich nur 28 Francs zu bezahlen.

Für die Fabriken und Anstalten, welche mehr Wasser konsumiren, werden Konzessionen zu 25 Francs pro Jahr für einen Betrag von 1 Kubikmeter oder 1000 Liter pro Tag bewilligt. Eine Anstalt also, welche in 24 Stunden 100 Kubikmeter verbraucht, zahlt der Stadt jährlich 2500 Francs.

Notiz über ein Schiffszugsystem (Kettenschifffahrt) auf Kanälen.

Von **Bouquié.**

(Mit Zeichnungen auf Seite 185.)

Im Jahrgange 1865 der Allgemeinen Bauzeitung S. 193 u. s. f. wurde bereits eine Darstellung der Kettenschifffahrt mitgetheilt. Herr Bouquié hat später zu diesem Zwecke die nachstehenden Dispositionen erfunden; bevor wir aber dieselben beschreiben, senden wir nochmals eine kurze Darstellung des Schiffszugssystemes mit festen Punkten (Kettenschifffahrt) voran, wie es jetzt aufwärts und abwärts von Paris auf der Seine auf einer Strecke von mehr als 120 Kilometern im vollen Gange ist.*)

Der auf der Seine stattfindende Schiffszug besteht:

1. Aus einer gewöhnlichen schmiedeeisernen Kette im Gewichte von 7 Kilogrammes pro laufenden Meter, welche auf die Sohle des Flusses versenkt und an ihren Enden verankert ist.

2. Aus Remorqueurs oder Zugschiffen, jedes mit einer Dampfmaschine von 25 Pferdekräften, welche eine Trommel in Bewegung setzt, deren horizontale Achse normal zur Länge des Schiffes gestellt ist; diese Trommel und eine ähnliche Trommel gegenüber der ersteren sind aus Blechscheiben von beiläufig $1^m\ 0$ im Durchmesser gebildet, welche durch kleine Bolzen verbunden sind, so dass sich die Kette viermal um die Trommeln legen kann.

Vor dem Boote über einer Rolle aufgezogen, die von einer horizontalen Führungskette getragen wird und sich in einer senkrechten Achse bewegend, welche in der Achse des Schiffes liegt, wird die Kette parallel mit dieser Leitkette und dann parallel zur Achse des Schiffes gegen die Trommeln gerichtet; nachdem sie über die letztere gerollt, fällt sie wieder auf die Flusssohle zurück, indem sie rückwärts über eine Führungskette geht, welche der ersten ähnlich ist und deren freies Ende, je nachdem man es rechts oder links

*) Die Herstellung eines Schiffszugsystems mit versenkter Kette, auf der Seine und Oise zum Remorquiren der Fahrzeuge zwischen der Münzschleuse in der Seine in Paris und der Schleuse von Pontoise in der Oise wurde durch kaiserl. Dekret vom 6. April 1854 autorisirt.

Ein ähnlicher Dienst zum Remorquiren der Schiffe zwischen der Münzschleuse und den Brücken von Monterean (oberhalb Paris) wurde durch kaiserl. Befehl vom 13. August 1856 eingeführt.

bringt, das Niederlegen der Kette in einer passenden Entfernung von den Ufern gestattet.

Nach diesen Anordnungen ist es klar, dass die Betriebsmaschine, indem sie die Kette zwingt sich von den Trommeln abzuwickeln, ohne abgleiten zu können, die Verschiebung des Zugschiffes und der zu remorquirenden Fahrzeuge bewirkt.

Zu bemerken ist noch, dass die Kette in eben so viele Theile getheilt ist als es Haltungen gibt, so dass die Schleusen von den Remorqueurs nicht passirt werden. Die letzteren sind übrigens vorn und hinten symmetrisch, so dass die Remorquage sowohl in der einen als in der anderen Richtung stattfinden kann, ohne dass das Schiff die Kette verlässt; nur, wenn es sich um die Berg- oder die Thalfahrt des Flusses handelt, kann man durch verschiedene Kombinationen von Zahnrädern die Geschwindigkeit des Bootes in Bezug auf die der Triebmaschine verändern.*)

Nach eingezogenen Nachrichten bei den Ingenieuren für den Schifffahrtsdienst der Seine hat sich die Kettenschifffahrt der aufwärts gehenden schweren Transporte gänzlich bemächtigt, und auch ein grosser Theil der abwärts gehenden ist in ihren Händen; das Ziehen mit Pferden findet nur noch ausnahmsweise statt, und wenn einige Dampf-, Schrauben- oder Räderboote noch auf den Theilen der Seine verkehren, wo die Kettenschifffahrt hergestellt ist, so hat dies nur seinen Grund darin, dass diese Fahrzeuge auch auf anderen Theilen des Flusses und auf anderen Wasserstrassen verkehren. — Wir gehen nun zu dem System über, das der Gegenstand dieser Mittheilung ist.

System des Herrn Bouquié. — Bei diesem finden keine Remorqueurs statt; jedes Transportschiff nimmt ohne irgend eine Modifikation einen Zugapparat auf, der von einer lokomobilen Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird. Auf Seite 185 ist eine solche Anordnung für ein gewöhnliches Steinkohlenschiff zwischen Mons und Paris dargestellt.

Den Vordertheil des Schiffes nimmt oberhalb ein horizontales Gestell von derselben Länge als das Boot breit ist ein und ist mit Hülfe von Druckschrauben an die hölzerne Verkleidung befestigt, womit sowohl der Vordertheil als der Hintertheil des Schiffes versehen sind.

Dieses Gestell hat ausserhalb und an der linken Seite des Schiffes ein gusseisernes Triebrad *A* von 0m 70 im Durchmesser, welches in die Glieder einer gewöhnlichen schmiedeisernen Kette von 10 Millimeter und 1k 7 pro laufenden Meter wiegend eingreift.

Die Bewegung wird diesem Rade durch die beiden Zahnräder *B C* und die Scheibe *D* mitgetheilt, welche von der lokomobilen Maschine durch einen Riemen in Gang gesetzt wird.*)

Die Transmission wird so regulirt, dass das Hauptrad einen Umgang macht, während bei der Welle der Dampfmaschine drei Umdrehungen stattfinden.

Gusseiserne Leitrollen, drei an der Zahl, die eine *a* mit horizontaler, die anderen *b b* mit senkrechter Achse dienen zum Heben der Zugkette und zur Einlenkung derselben auf das Triebrad, indem man sie unter eine Rolle *c* gehen lässt, die in der Höhe des horizontalen Durchmessers des Rades *A* angebracht ist; ausser, dass diese Rolle den Zweck hat die Kette zu richten, soll sie gleichzeitig die Grösse des Bogens erhöhen, der von der Kette auf dem Triebrade umfasst wird.

Das Triebrad und die Rolle *c* haben Rinnen, die so profilirt sind, dass die Glieder der Zugkette sich flach und aufrecht hineinlegen; in der Entfernung von zwei flachen aufeinander folgenden Gliedern hat die Rinne ferner mitangegossene Vorsprünge, um das Abrutschen der Kette zu verhüten.

Eine eiserne Zunge, die an dem das Rad *A* tragenden Gestell befestigt ist und den Boden der Rinnen des letzteren streift, dient im Nothfalle dazu, die Kette rückwärts, an der Seite, wo sie frei in das Wasser fällt, loszumachen.

Damit aber die Schiffe unter den Brücken etc., durchkommen können, ist es im Allgemeinen bei dem

*) Vergl. Allgem. Bauzeitung 1865, Seite 193 u. s. f., wo man eine ausführlichere und deutlichere Darstellung dieses Mechanismus findet.

*) Die Anwendung eines Riemens gewährt den Vortheil, dass keine Beschädigung entstehen kann, wenn sich dem Aufrollen der Kette ein unvorhergesehener Widerstand entgegenstellen sollte, in welchem Falle der Riemen bloss rutschen würde. Da ferner die Höhe der Schiffe nicht gleich ist, so ist es zweckmässig, ein Transmissionsorgan anzuwenden, das ohne grosse Schwierigkeiten für verschiedene Höhen passt.

vorgeschlagenen System nothwendig, die Lokomobile in das Schiff zu stellen und unter dieser Bedingung fand auch der Versuch statt; es war zu diesem Zweck eine von Bretterwänden hergestellte Kammer in der Kiesladung aufgestellt, womit man das Probeschiff belastet hatte.*)

Versuch des neuen Systems. — Der Versuch des neuen Systemes, der auf dem Kanal St. Denis unter der Leitung des Herrn Bonquié und auf Kosten der Pariser Gasgesellschaft stattfand, erstreckte sich auf eine Länge von 1200m 0 mit Einschluss eines Schleusendurchganges.

Nachdem das Schiff zu dem Ende der Kette unterhalb der Schleuse geführt worden war begann der Versuch**).

Bevor noch von dem Motor eine Kraft auf die Kette ausgeübt worden war, hatte diese sowohl vorn als hinten die Form von Zweigen einer etwas gespannten Kettenlinie, deren Amplitude, von dem Rade bis zu den Punkten wo die Kette tangentiell die Sohle des Kanals verlässt, von der Höhe des Rades über dieser Sohle und dem mehr oder minder bedeutenden Theil der Länge, den die Kette im Verhältniss zu ihrer Projektion auf die Kanalachse bildet, abhängt.

Als die Maschine dem Rade *A* ihre Bewegung mittheilte, änderten die Kettenschafte ihre Form; vorn äusserte sich die Vermehrung der Spannung, welche die Wirkung des Rades auf die Kette war, durch eine Zunahme der Amplitude in der Kettenlinie und durch eine Verminderung der Neigung der Tangente an der Kurve bei dem Rade; rückwärts fanden ganz entgegengesetzte Wirkungen statt. Die Bewegung des Bootes entstand also durch die Differenz zwischen den horizontalen Komponenten der Spannungen, welche die beiden Theile der Kette erlitten, und bald erreichte die Geschwindigkeit einen regelmässigen Werth; die Amplituden wie die Neigungen der Zweige der Kettenlinie, vorwärts und rückwärts, werden dann konstant bleiben, wenn die Wassertiefe unveränderlich wäre und wenn die Kette auf eine horizontale Sohle regelmässig gelegt werden könnte.

Die Grösse der Normalgeschwindigkeit geht unmittelbar aus der Beobachtung der Anzahl der Umgänge des Triebrades *A* und der Kenntniss der Entwicklung seiner Peripherie hervor. Wenn die beobachtete Anzahl der Umgänge im Durchschnitte 24 pro Minute beträgt und der Durchmesser des Rades 0m 70 ist, so beträgt die Translationsgeschwindigkeit des Schiffes 0m 88 pro Sekunde, was 3,168 Meter oder etwas mehr als 3 Kilometer pro Stunde entspricht.

In dieser gemässigten Geschwindigkeit erhält sich das Schiff regelmässig; weder der Zugapparat noch der Triebapparat veranlassen irgend eine merkliche Vibration des Schiffes, die seiner Erhaltung nachtheilig sein könnte. Die Anwendung der Kette als Uebertragung der Bewegung gestattet übrigens keine beträchtlichen Bewegungen, und auf der anderen Seite ist es zweckmässig innerhalb der Grenzen einer mässigen Geschwindigkeit zu verbleiben, damit die Transporte auf den Kanälen ihre ökonomischen Vortheile nicht verlieren.

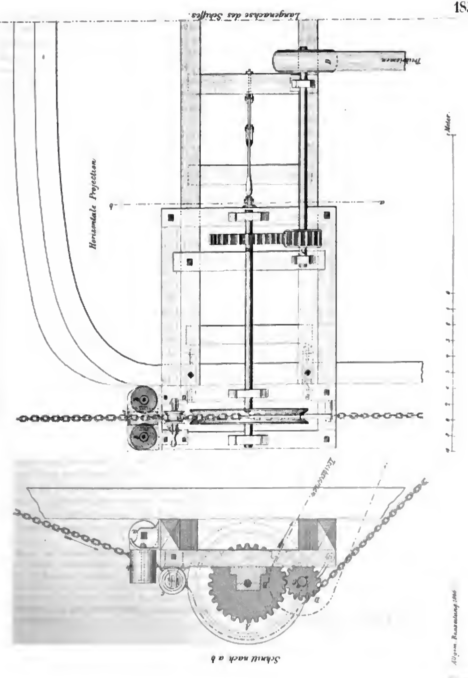
Es ereignet sich auf der Fahrt, dass sich die nicht genau kalibrirte Kette in gewissen Zwischenräumen zwischen die an der Peripherie des Rades *A* angebrachten Vorsprünge klemmt; sie wird alsdann mit dem Rade rückwärts gezogen bis die Zunge sie auslöst. Auch geschah es, dass das Rad von der Kette entwich und alsdann einen Bruchtheil eines Umganges machte, bevor das Rad die Kette von neuem ergriff; unstreitig hatte dies darin seinen Grund, dass die nicht regelmässig auf der Kanalsohle liegende Kette schlaffe Theile zeigte, welche es dem Schwungrade der Maschine gestattete, plötzlich eine grössere Geschwindigkeit anzunehmen, was die Folge hatte, dass die am Rade angebrachten Vorsprünge der Kette entwichen. Die Dauer dieser Unregelmässigkeiten war kurz und ihre Wiederholung nicht häufig; sie veranlassten keinen Schaden an der Kette und zwar so wenig in der Anwesenheit der Berichterstatters als nach den eingezogenen Nachrichten während der späteren Versuche.

*) Lokomobilen mit senkrechtem Kessel und Maschine, die kaum einen horizontalen Raum von 2 Quadratmetern einnehmen, passen für diesen Zweck besser als Lokomobilen mit horizontalem Kessel und Maschine wie die war, welche man bei dem Versuche gebrauchte.

**) Da das Schiff in dem Kanal, wo es sich befand, nicht wenden konnte, so war es nothwendig, um es zu dem untern Ende der Kette zu führen, dasselbe rückwärts gehen zu lassen. Zu diesem Zweck wurde eine Rolle, der bei e ähnlich, in der Figur aber nicht angegeben, rückwärts des Rades angebracht, und die Rolle e hatte nun keine Verrichtung. Eine Auslösungszunge war ebenfalls an der vorderen Seite angebracht worden.

Kette erlitten, und bald erreich
inen regelmässigen Werth; di
igungen der Zweige der Kett
ckwärts, werden dann kaum
'assertiefe unveränderlich wä
uf eine horizontale Sohle regi
konnte.
'ormalgeschwindigkeit geht a
bachtung der Anzahl der U
A und der Kenntniss der E
pherie hervor. Wenn die bei
ngänge im Durchschnitte 24 p
r Durchmesser des Rades 1m 7
Translationsgeschwindigkeit de
ekunde, was 3,168 Meter od
meter pro Stunde entspricht.
gten Geschwindigkeit erhält m
g; weder der Zugapparat no
anlassen irgend eine merklic
die seiner Erhaltung nachthei
endung der Kette als Ueber
estattet übrigens keine beträch
nd auf der anderen Seite ist e
lb der Grenzen einer mässige
erbleiben, damit die Transpo
ökonomischen Vortheile nic

auf der Fahrt, dass sich d
Kette in gewissen Zwisch
an der Peripherie des Rades A
inge klemmt; sie wird alsdan
ärts gezogen bis die Zange si
es, dass das Rad von der Ket
inen Bruchtheil eines Umgangs
d die Kette von neuem ergrif.
rin seinen Grund, dass die sich
nalsohle liegende Kette schlaf
es dem Schwungrade der Ma
ich eine grössere Geschwindig
die Folge hatte, dass die m
rsprünge der Kette entwich
gelmässigkeiten war kurz und
t häufig; sie veranlassten bem
und zwar so wenig in de
hterstatters als nach den eige
ährend der späteren Versuch



Apparat zur Kettenschifffahrt

obgleich der Zug an der Seite de
fand und dieses sich daher um sich se
geht, so war es doch möglich, dass
Entfernung von mehreren hunderten
stätigen konnte, ohne dass man d
ins ergreifen müssen. Die grosse Län
36^m 50) im Verhältniss zu seiner Breite
so, wo das Ziehen ausser der Achse
keine Wirkung hervorbrachte.

Durch das Steuerruder konnte m
rgleich das Schiff den Ufern nähern od
entfernen, so dass die Kette nicht al
in Bezug auf die verschiedenen F
Schifffahrt betrachtet werden konnte
gen namentlich gibt es gar kein Hin
in die Achse des Kanals zu legen w
nach zu leiten.

Durchgang durch die Sc
diesem Zwecke geht die Kette über
mittels zweier sich drehenden Rolle
schlagsäulen befestigt sind, welche
im Triebrades A befinden. Hand
die Schleuse von unten nach obe
nimmt der Schleusenwärter, bev
Thore öffnet, die Kette von der Rol
den Stoss der Anschlagsäulen; du
Thore fällt die Kette ins Wasser u
in die Schleuse, während das Tri
die Kette über den oberen Thoren z
das Schiff in die Schleuse tritt, ni
wärter die Kette rückwärts des K
Bootshakens weg und hebt sie wie
Schwengels mit Gegengewicht*); d
zu setzen auf die Rolle der Ansc
untern Thore geschlossen werde

Hat die Füllung der Schleu
funden, so legt der Schleusenwär
zu überhaupt geöffnet werden,
den Zusammenstoss der Anschl

*) Wegen der grossen Entfernung
der untern Anschlagsäulen und
in der Kammer beladenen Sch
zum Heben der Kette einen S
wicht oder irgend ein anderes
brauchen; an den obern Tho
nothwendig.

Obgleich der Zug an der Seite des Schiffes stattfand und dieses sich daher um sich selbst zu drehen strebt, so war es doch möglich, dass das Schiff eine Entfernung von mehreren hunderten von Metern zurücklegen konnte, ohne dass man das Steuerruder hätte ergreifen müssen. Die grosse Länge des Schiffes (34^m 50) im Verhältniss zu seiner Breite (4^m 70) erklärt es, wie das Ziehen ausser der Achse so zu sagen gar keine Wirkung hervorbrachte.

Durch das Steuerruder konnte man ohne Schwierigkeit das Schiff den Ufern nähern oder sich von ihnen entfernen, so dass die Kette nicht als ein Hinderniss in Bezug auf die verschiedenen Erfordernisse der Schifffahrt betrachtet werden konnte. In den Krümmnngen namentlich gibt es gar kein Hinderniss die Kette in die Achse des Kanals zu legen und das Schiff danach zu leiten.

Durchgang durch die Schleusen. — Zu diesem Zwecke geht die Kette über die Schleusenthore mittels zweier sich drehenden Rollen, die auf den Anschlagsäulen befestigt sind, welche sich an der Seite des Triebrades *A* befinden. Handelt es sich darum, die Schleuse von unten nach oben zu passiren, so nimmt der Schleusenwärter, bevor er die unteren Thore öffnet, die Kette von der Rolle und legt sie über den Stoss der Anschlagsäulen; durch das Oeffnen der Thore fällt die Kette ins Wasser und das Schiff fährt in die Schleuse, während das Triebrad fortfährt auf die Kette über den oberen Thoren zu wirken. Während das Schiff in die Schleuse tritt, nimmt der Schleusenwärter die Kette rückwärts des Rades *A* mittels eines Bootshakens weg und hebt sie wieder mit Hülfe eines Schwengels mit Gegengewicht*); dann legt er die Kette von neuem auf die Rolle der Anschlagsäule, bevor die unteren Thore geschlossen werden.

Hat die Füllung der Schleusenkammer stattgefunden, so legt der Schleusenwärter, bevor die Thore am Oberhaupt geöffnet werden, die Kette wieder auf den Zusammenstoss der Anschlagsäulen, so dass sie ins Wasser fällt, sobald sich die Thore öffnen. Das Schiff fährt unmittelbar darauf aus der Schleuse heraus und der Schleusenwärter nimmt die Kette rückwärts vom Rade *A*, um sie von neuem über die Rolle der nächsten Anschlagsäule zu legen, bevor die oberen Thore geschlossen werden.

Alle diese Manoeuvres gehen wegen des geringen Gewichtes der Kette sehr leicht von statten; das Legen der letzteren über die Schleusenthore behindert übrigens das Oeffnen und Schliessen derselben durchaus nicht, wenn es sich um den Durchgang anderer Fahrzeuge als die an der Kette remorquirten handelt. Die Kette folgt dann ganz einfach der Bewegung der Thore ohne die Rollen zu verlassen.

Damit das Triebrad *A* nicht an der Seite des Schiffes vorspringe, wenn es sich darum handelt ein solches in die Schleusen zu bringen, deren Weite nur etwas geringer ist als die des Schiffes, so wird die Rolle wie auf Seite 185 angegeben, von einem beweglichen Gestell getragen, auf welchem sich das Rad bis über das Schiff verschieben lässt. Indem die Kette fortwährend die Wirkung der Dampfmaschine empfängt, reibt sich die Kette an den Wänden des Schiffes ohne dass es indessen unmöglich gemacht würde sich des Motors zu bedienen*).

Es ist übrigens hier zu bemerken, dass der Motor sowohl beim Einlaufen in die Schleuse als beim Verlassen derselben fortwährend ohne irgend einen Zeitverlust benutzt wird. Wenn man ferner die Betriebsmaschine so einrichtet, dass sie bei verschiedenen Spannungen arbeiten kann, so kann man sich der ganzen Kraft zur Ueberwindung der supplementären Widerstände bedienen, die sich beim Ein- und Auslaufen kund geben. Dies ist der Grund zu der Möglichkeit, die Dauer der Schleusungen auf ein gewisses Mass zu verkürzen.

Kreuzung der Schiffe. — Bei den getroffenen Einrichtungen ist es sehr leicht, dass sich zwei Schiffe, die von derselben Kette remorquirt werden, ausweichen können. Da die Triebräder *A* bei jedem Schiffe an der linken Seite angebracht sind, so kann es sich ereignen, dass diese Räder dicht bei einander

*) Wegen der grossen Entfernung zwischen dem Scheitel der untern Anschlagsäulen und dem obern Theil eines in der Kammer beladenen Schiffes ist es nothwendig zum Heben der Kette einen Schwengel mit Gegengewicht oder irgend ein anderes ähnliches Mittel zu gebrauchen; zu den obern Thoren ist dieses Mittel nicht nothwendig.

*) Auf dem Kanal St. Denis haben die Schleusen 8 Meter Breite. Die Rolle wurde nur nach dem Innern geschoben, um die Möglichkeit dieses Manoeuvres zu zeigen.

vorübergehen. Kommt ein solcher Fall vor, so verlässt der Führer des einen Schiffes die Kette, zu welchem Zweck die Achse der Rolle C ein Charnier hat, so dass diese Rolle gegen die Achse des Schiffes gehoben werden kann, und nichts verhindert es dann, dass der Schiffsmann, der die Kette nach ihrem Uebergange über das Triebrad ergreift, sie leicht hebt und sie ins Wasser fallen lässt, ein Manoeuvre, das bei dem geringen Gewicht der Kette sehr leicht ist. Hat das zweite Schiff seine Vorrückung fortgesetzt, ohne die Kette zu verlassen, so braucht nur der mit einem Bootshaken versehene Schiffsmann des ersten, wenn sich die Schiffe kreuzen, die Kette rückwärts des Triebrades des zweiten Schiffes wieder aufzunehmen, um sie von neuem auf das Triebrad des ersten Schiffes zu legen.

Herausnehmen und Brechen der Kette. — Wenn die Kette auf die Sohle des Kanals gelegt ist, so kann man sie mittels eines Bootshakens oder eines anderen passenden mit vier Zinken versehenen und an einem Strick befestigten Hakens leicht ergreifen.

Sollte die Kette einmal brechen, so werden die beiden auseinandergezogenen Enden gehoben und durch lange Stahlringe wieder vereinigt, die von demselben Kaliber sind als die Kettenglieder und auf der einen langen Seite ein Charnier haben, das mittels eines kleinen Nietes befestigt wird, nachdem der Ring an die Kette angesetzt wurde.

Nutzeffekt des Systemes. — Auf folgende Weise kann man sich von dem Nutzen der Triebkraft des Zugsystemes von Bouquié überzeugen.

Die Nutzarbeit eines Schiffes wird gemessen durch das Produkt des Widerstandes R in Kilogrammen, welche das Schiff bei freier Bewegung im Wasser erleidet, und der Geschwindigkeit V in Metern pro Sekunde.*)

Wenn es sich um Dampfschiffe handelt, so nennt man den Nutzkoeffizienten das Verhältniss, welches zwischen der vorstehenden Nutzarbeit und der an dem Cylinder der Maschine mittels des Indikators von Watt gemessenen Arbeit des Motors besteht. Man vergleicht also mit der Nutzarbeit die effektive Arbeit, welche der Motor disponibl lässt.

In Ermanglung genauer Angaben über den Werth des Widerstandes R bei Schiffen von der Art, um die es sich hier handelt, wird man den Werth aus den Thatsachen ableiten, die bei dem Versuch selbst beobachtet wurden.

Da der Gang des Schiffes gleichmässig ist, so war die Kette vorne unter einer Neigung gespannt, die man auf 0^m11 bis 0^m50 horizontaler Distanz abschätzte; rückwärts war die Neigung bei dem Rade sehr annähernd 45 Grad.

Die Kette hat vor und hinter dem Boote die Form von Kettenlinien und wir bezeichnen mit

Q den gewöhnlichen Werth der horizontalen Komponenten der Spannungen an den verschiedenen Punkten der Kette vor dem Rade A.

Q_1 den ähnlichen Werth rückwärts,

h und h_1 die Projektionen der Bogen von Kettenlinien, ausser dem Wasser liegend, für vorn und für hinten,

h' die vertikale Projektion der Bogen der Kettenlinie unter Wasser, p und p' das Gewicht pro laufenden Meter der Kette ausser und unter dem Wasser.

Die Spannungen T und T_1 der Kette unmittelbar vor und nach ihrer Aufrollung auf das Rad A werden gegeben durch die Verhältnisse:

$$T = Q + p h + p' h',$$
$$T_1 = Q_1 + p_1 h_1 + p' h'.$$

Durch Beobachtung aber $T = \frac{Q}{\cos i}$ der Winkel i entsprechend der tang $i = \frac{11}{50}$ und $T_1 = \frac{Q_1}{\cos 45^\circ}$; daraus folgt:

$$Q = \frac{\cos i}{1 - \cos i}(ph + p' h')$$

$$Q_1 = \frac{\cos 45^\circ}{1 - \cos 45^\circ}(p_1 h_1 + p' h').$$

Macht man $h = 1^m 20$, $h_1 = 1^m 55$, $h' = 2^m 10$, $p = 1^k 7$, $p' = 1^k 5$, so geben diese Formeln:

$$Q = 217^k$$
$$Q_1 = 14^k,$$

und daraus resultirt für die Differenz der horizontalen Spannungen, gleichgeltend dem Widerstande R

*) Wenn das Wasser eine eigene Geschwindigkeit hätte, so müsste die Geschwindigkeit V im Verhältniss zum Wasser genommen werden.

Der Versuch wurde gemacht, ohne dass eine Strömung in dem Kanal stattfand.

$R = Q - Q_1 = 203^k$*).

Nimmt man endlich Rücksicht auf die beobachtete Geschwindigkeit von 0m 88 pro Sekunde, so ist der Werth der widerstehenden entwickelten Nutzarbeit

179 Kilogrammeter.

Was die Dampfmaschine betrifft, so leiten wir, da man die Arbeit des Dampfes auf den Kolben durch den Indikator von Watt nicht messen konnte, diese Arbeit aus folgenden Daten ab:

Durchmesser des Cylinders 0m 14
Lauf des Kolbens 0m 31
Spannung des Dampfes im Kessel . . 5 Atms.
Expansion: nach $^3/_4$ des Kolbenlaufes,
Anzahl der doppelten Kolbenhübe pro 1' 72.

Hiernach erhält man, wenn man annimmt, dass der Druck des Dampfes auf den Kolben vor der Expansion der des Dampfes in dem Kessel**) war, und bei Anwendung der gewöhnlichen Berechnungsmethode für die Arbeit des Dampfes pro Sekunde von

436 Kilogrammeter.

Von dieser Arbeit muss aber diejenige abgezogen werden, welche von der eigenen Reibung der Maschine konsumirt wird. Bei Maschinen nach dem System wie das der Lokomobile kann man mit Berücksichtigung auf ihren Durchmesser rechnen, dass die eigene Reibung eine Arbeit absorbirt, welche derjenigen gleich ist, welche durch einen konstanten Druck auf den Kolben von 0,4 Atmosphären***) entsteht; diesem Druck korrespondirt eine Widerstandsarbeit pro Sekunde von

47 Kilogrammetern.

Auf diese Art reducirt sich die effektive Betriebsarbeit der Maschine im Vergleich zu der Nutzarbeit auf

389 Kilogrammeter.

Der Nutzkoeffizient hat daher nach diesen Resultaten als Werth

$$\frac{179}{389} \text{ oder } 0{,}46.$$

Die Arbeitsverluste, die durch die Organe stattfinden, welche die Bewegung auf das Rad A übertragen, und besonders die Widerstände, zu denen der Uebergang der Kette über die Leitrolle c und über das Rad Veranlassung gibt, erklären die geringe Höhe dieses Koeffizienten, welcher im Allgemeinen von den Propellern der Seeschiffe übertroffen wird; indessen kommt es auf dem Meere wie auf Kanälen häufig vor, dass die Propellers, besonders die mit der Schraube, bei geringen Geschwindigkeiten bedeutend geringere Koeffizienten geben.

Ohne Zweifel sind die von Bouquié bisher ausgeführten Anordnungen einer Verbesserung fähig; dennoch liefern die vorstehenden Untersuchungen den Beweis, dass die neue Zugmethode in ruhigem Wasser in Bezug auf die zweckmässige Anwendung der Kraft nicht den Sieg über die Propeller davon trägt. Dennoch hat das vorgeschlagene System besondere Vortheile, welche bei der Gleichheit des Nutzkoeffizienten oder selbst bei einem geringeren Werth dieses Verhältnisses die Annahme desselben bevorworten.

Vortheile des neuen Systemes. — Das System des Herrn Bouquié lässt sich auf die jetzigen Transportschiffe anwenden, ohne dass man diese zu verändern braucht und ohne dass das Verladen etc. in etwas behindert würde; hierin besteht der wesentliche ökonomische Vortheil des Systemes.

Der Betriebsapparat kann, da er sich von einem Schiffe zum anderen versetzen lässt, vollständiger benützt werden als mit unbeweglichen Motoren; auch bleibt der Heizer nicht unthätig, wenn das Boot stehen bleibt.

An den Ufern der Kanäle wird keine zerstörende Wirkung ausgeübt, wie es bei den Propellern

*) Wenn man, wie es gewöhnlich geschieht, den Widerstand R als Funktion der Geschwindigkeit V durch die Formel:

$$R = K A V^2$$

ausdrückt, in welcher A in Quadratmetern den benetzten Querschnitt des Schiffes bezeichnet, so wird der Werth des Widerstands-Koeffizienten K, wenn man setzt $R = 203$, $V = 0^m 88$ und $A = 7{,}05$ (wegen einer Breite von 4m70 und einer Wassertiefe des Schiffes von 1m50) in dem vorliegenden Falle sein:

$$K = \frac{R}{A\,V^2} = 37.$$

**) Die bedeutenden Dimensionen des Generators im Verhältniss zu denen der Maschine berechtigen zu dieser Hypothese.

***) Ein direkter Versuch mit einer Maschine von 0m14 Durchmesser zeigte, dass sie bei schnellem Gange und ohne Expansion einen Dampfdruck verlangte, welcher 0,4 Atmosphären entspricht.

mit Rädern oder Schrauben der Fall ist, da sie eine heftige Bewegung des Wasserspiegels veranlassen.*)

Der Nützlichkeitsgrad der Triebkraft wird durch die Grösse der Belastung des Bootes nicht berührt wie es im Allgemeinen bei den Schiffen mit Propulseurs wegen der unveränderlichen Stellung der letzteren zum Boote der Fall ist.

Da das vorgeschlagene System keine Veranlassung zu irgend einem Recul**) gibt, so theilt es den Vorzug über die Propulseurs, welche die Zugsysteme im Allgemeinen geniessen, sobald es sich um die Schiffsbewegung aufwärts auf Flüssen oder Kanälen mit Gefälle handelt.

*) Dieser grosse Uebelstand der Räder und Schrauben wird durch einen neuen in neuester Zeit mit Erfolg versuchten Propulseur vermieden, welcher bloss aus einer Scheibe von grossem Durchmesser besteht, die mit ihrem Rande ins Wasser taucht und mit Schnelligkeit eine Rotationsbewegung erhält.

**) Der Recul eines Propulseurs ist die Differenz zwischen dem von dem Propulseur oder dem dazu gehörigen Boote wirklich zurückgelegten Raume, und dem, was dieser Raum gewesen wäre, wenn derselbe Propulseur sich in Bewegung gesetzt, ohne dass das Wasser seinem Impuls nachgegeben hätte. Bei übrigens gleichen Dingen nimmt der Recul nach Massgabe als das Gefälle der zu überwindenden Strömung grösser wird, reissend zu.

Vergleicht man das System Bouquié mit der Anwendung von Remorqueurs bei Schiffszügen, so lassen sich folgende Bemerkungen machen:

Die Abschaffung der Remorqueurs erspart die Arbeit, welche ihr eigener Transport erfordert.

Das neue System gestattet die Anwendung von leichten Ketten, welche gewisse Bewegungen möglich machen, die man mit schweren Ketten nicht vornehmen könnte.

Die Kraft des Bewegungsapparates kann stets vollständig benutzt werden, da der hervorzubringende Effekt nicht mehr von der Zusammensetzung der zu remorquirenden Schiffszüge abhängt.

Durch die Beseitigung der Remorqueurs werden die Zeitverluste vermieden, welche mit der Formation der Schiffszüge, bei der Abfahrt sowohl als bei jeder Durchschleusung, verbunden sind. So wie bisher die Remorqueurs an versenkten Ketten eingerichtet sind, passiren sie keine Schleusen, und wir haben gesehen, dass die Durchschleusung bei dem neuen Systeme eine sehr einfache ist.

Endlich hat das Kreuzen der an ein und derselben Kette remorquirten Schiffe, was bei den bisherigen Remorqueurs unmöglich ist, keine Schwierigkeiten.

Rollbrücke für Flüsse und Eisenbahnen.

Von den Herren **Livenday** und **Kowalski**.

(Mit Zeichnungen auf Seite 191.)

Die auf Seite 191 dargestellte Rollbrücke besteht aus einer Reihe von Böcken, welche auch durch Piloten oder Mauerwerk ersetzt werden können, worüber eine Brückenbahn liegt, welche mit Rollen versehen ist, wovon sich eine gewisse Anzahl nach der Brückenachse und die übrigen senkrecht auf diese Achse bewegen.

Ueber diesen Rollen ist der bewegliche Theil der Brücke gestreckt, der aus der Fahrbahn und zwei Trottoirs besteht, an deren äusserm Rand ein Hängewerk angebracht ist, das aus Holz, Blech und eisernen Seilen konstruirt ist.

Die Bewegung des beweglichen Theils findet immer nach der Brückenachse statt und zwar auf einem Wege, welcher gleich ist der Oeffnung, für welche die Brücke bestimmt ist.

Wenn der Durchgang eines Schiffes oder eines Wagens geschehen ist, so nimmt die Brücke ihre normale Lage wieder ein; um alsdann den Fahrweg über dieselbe wiederherzustellen, muss die Brücke einen Theil der Chaussée auf eine Länge zurücklegen, welche gleich ist dem Wege, den die Brücke zurücklegen muss, die auf den Rollen läuft, deren Bewegung senkrecht auf die Brückenachse vor sich geht und welche zurückgezogen wurde, um dem beweglichen Theil Platz zu machen.

las System Bouquié mit der An-
seurs bei Schiffszügen, so lassen
ungen machen:

der Remorqueurs erspart die
mer Transport erfordert.

gestattet die Anwendung von
e gewisse Bewegungen möglich
schweren Ketten nicht verursacht

ewegungsapparates kann ein
rden, da der hervorzubringende
der Zusammensetzung der zu
zuge abhängt.

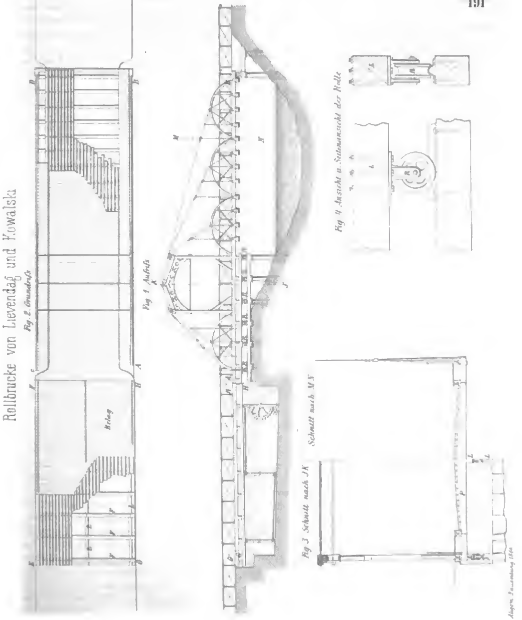
gung der Remorqueurs verbu
rden, welche mit der Formation
r Abfahrt sowohl als bei jeder
unden sind. So wie bisher die
kten Ketten eingerichtet sind
leusen, und wir haben gesehen
ung bei dem neuen Systeme

Kreuzen der an ein und dersel-
Schiffe, was bei den bisherigen
h ist, keine Schwierigkeiten.

ien.

kenachse statt und zwar auf
gleich ist der Oeffnung, für
mmt ist.

ang eines Schiffes oder eines
o nimmt die Brücke ihre an-
; um alsdann den Fahrweg
rzustellen, muss die Brücke
ie auf eine Länge zurück-
dem Wege, den die Brücke
auf den Rollen läuft, dem
uf die Brückenachse vor sich
kgezogen wurde, um den le-
u machen.



Dieses System lässt sich modificiren, wenn man an dem Theil *G H* der Fahrbahn, wo der bewegliche Theil anstösst, eine Wippe *G' H'* anbringt, welche den Unterban bildet, auf welchem sich der Thoil *A B C D* bewegt, der in diesem Falle die Rollen *R R R* hat, die mit den Langschwellen *L L*, welche die bewegliche Brückenbahn bilden, anstatt mit dem Belag verbolzt sind.

In dem einen wie in dem anderen Falle, d. h. wenn die Rollen an den Bohlen des festen Theils oder an den Langschwellen des beweglichen Theils befestigt sind, wird dieser letztere Theil bei den Brücken mit doppeltem Geleise von drei Reihen gekuppelter Langschwellen gebildet, wovon zwei an don Stirnen und eine in der Mitte der Brücke liegen.

Nach den angenommenen Dispositionen besteht der bewegliche Theil oder die Brückenbahn *A B C D* aus folgenden Theilen. Bei den Brücken von 12^m0 Spannweite z. B. wie die der Schleusen am Kanal von dem Rhone zum Rhein bei Strassburg werden 4^m80 von der Chaussée, welche zwei bequeme Fahrgeleise bildet, so wie von 0^m87 an jeder Seite für die beiden Trottoirs eingenommen, zwischen denen nnd der Chaussée ein Raum von 0^m03 znm Abfluss des Wassers dient.

Die ganze Breite der Strasse, wo diese Brücke angelegt werden soll, nehmen wir mit 12^m0 an.

Die Brücke besteht ans zwei ganz verschiedenen Theilen, nämlich einem rollenden und einem hängenden. Der erste hat drei Reihen Langschwellen, wie bereits erwähnt wurde, zwei an den Stirnen und eine in der Mitte; sie haben eine Länge von 8^m80 nnd einen Querschnitt von 0^m25 und 0^m20. Mit ihnen sind die gusseisernen Rollen (Fig. 4) von 0^m20 Durchmesser in der Mitte und 0^m28 an den Rändern verbolzt; sie bewegen sich auf Rails von starkem Blech, die über die Langschwellen genagelt sind. Ueber diesen drei Reihen Schwellen *L* sind die Balken *P P* genagelt, welche 0^m15 im □ an den Enden nnd 0^m25 Höhe in der Mitte haben, damit die Wölbung der Fahrbahn hergestellt wird; sie liegen 1^m50 von einander. An den Enden der Balken und 1^m07 gegen die Achse sind zwei Reihon Langschwellen gestreckt, welche die Trottoirs nach der ganzen Länge des beweglichen Theils bilden.

Die äussern Schwellen haben 0^m25 nnd 0^m20, die inneren 0^m23 und 0^m20, um ein Gefälle zum Abfluss des Wassers auf dem 0^m03 starken Belage herzustellen.

Der Theil zwischen den Balken ist mit Bohlen von 0^m10 und 0^m05 ausgefüllt, welohe der Länge nach 0^m03 voneinander entfernt und mit Bohlen von 0^m03 überdeckt sind, welche den ersten Bolag kreuzen, auf den sie genagelt werden.

Um den beweglichen Theil der Brücke in einer festen und horizontalen Lage zu erhalten und nur einen Körper zu bilden, hat man an jeder Seite ein System von Bogen von 2^m0 Halbmesser und 0^m10 im □ in Verbindung mit Hängestangen nach Fig. 1 angebracht. Statt dieser Bogen lässt sich ein Gitterwerk aufstellen, welches zugleich als Geländer dient und dem Ganzen mehr Steifigkeit verleihen würde.

In einer Entfernung von 0^m05 vor dem Hängewerk stehen schmiedeiserne Geländer mit 1^m50 voneinander entfernten Stielen, die durch Andreaskreuze und Handgriffe miteinander verbunden sind.

Soll nun die Brücke geöffnet und der bewegliche Theil *A B C D* mittels Vorgelege nnd Zahnstangen zurückgezogen werden, so muss zuerst ein Theil der Fahrbahn in der der Spannweite der Brücke gleichen Länge weggenommen werden. Zu diesem Zweck gelangt man auf zweierlei Art. Wenn die Rollen an dem Brückenbelag befestigt sind, so zieht man den Theil der Fahrbahn auf den Rollen zurück, welche eine znr Brückenachse senkrechte Bewegung haben, und auf den Längenrollen verschiebt man die Brücken selbst. In diesem Falle wird das Trottoir auf einer Seite unterbrochen, nnd der Platz der zurückgezogenen Fahrbahn erfordert eine gewisse Breite ausserhalb des Trottoirs, welche besonders in den Strassen der Städte oder wenn die Rollbrücke über einer gemauerten Brücke hergestellt wird, einige Schwierigkeiten verursachen könnte; endlich ist die Anzahl der Rollen, die zu dieser doppelten Bewegung nothwendig ist, stets eine beträchtliche.

Alle diese Uebelstände werden durch die Anwendung beweglicher Rollen beseitigt, welche an den beweglichen Theil der Brücken gebolzt sind, denn in diesem Falle genügt es, den Theil der Fahrbahn *E F G H*, welcher dem Theil *A B C D* Platz machen soll, senkrecht um 0^m50 bis 0^m73 zu senken, und dor auf diese Art niedergelassene Theil muss als Belag dienen, über welche der Theil *A B C D* rollt; damit

aber die Kanten der Rollen den Belag nicht beschädigen können, muss er mit drei Streifen starken Bleches garnirt werden, worüber die Rollen desto leichter sich bewegen können.

Die Höhe des Niederlassens kann dadurch vermindert werden, dass man an der Fahrbahn in ihrem natürlichen Zustande eine Rampe von 0ᵐ01 bis 0ᵐ02 pro Meter und ein Gefälle von 0ᵐ02 bis 0ᵐ025 anbringt.

Das Niederlassen kann durch Hebel mit Rollen bewirkt werden, die durch eiserne Stangen verbunden sind und durch ein Vergelegesystem bewegt werden, das sich nach der Last des niederzulassenden Theils richtet. An allen Seiten der Theile, welche an der Bewegung Theil nehmen, sind kleine Rollen in der Richtung der Bewegung anzubringen, um jede Reibung zu erleichtern und zu verhindern.

Brücke von El-Kantara in Algerien.

Erbaut von **Georges Martin.**

(Mit Zeichnungen auf Seite 197.)

Das bei dieser Brücke angewendete System eines Hängegerüstes, das in der Skizze auf Seite 197 angegeben ist, dürfte in vielen Fällen gebraucht werden können, wesshalb wir nachstehende Notiz aus dem Bulletin de la société d'encouragement pour l'Industrie nationale entlehnt haben.

Rummel oder Rommel ist ein Fluss Algeriens, der durch Konstantine fliesst und östlich von Bougie in das mittelländische Meer fällt, nachdem er einen Lauf von 150 Kilometern zurückgelegt, von denen ein Theil ein Gebirgsstrom ist, der sich, einige 100ᵐ0 von der Brücke entfernt, nachdem er sich unter drei natürlichen Gewölben verloren, mit einem Fall von 70ᵐ0 Höhe in das Thal Hamma wirft.

An der Stelle, wo die Brücke erbaut wurde, bildet dieser Fluss eine wirkliche Schlucht und trennt die arabischen Stadtviertel von Konstantine von den Sidi-Mabruk gegenüber liegenden Plateaux.

Unter der römischen Herrschaft hatte man diesen Stadttheil durch eine Brücke mit drei übereinander stehenden Gewölben nach Art der über den Gard in Frankreich führenden*) verbunden; unter der Verwaltung der Bey's hatte man diese römische Brücke oft reparirt, dann war sie aber eingestürzt und musste neu erbaut werden.

Wie aus der Zeichnung auf Seite 196 ersichtlich bilden die Ufer zwei beinahe senkrechte Wände, in deren Mitte das Wasser in einer Tiefe von 120ᵐ0 fliesst. Zur Verbindung derselben hat man zwei gemauerte Viadukte angenommen, die durch einen eisernen Bogen von 57ᵐ40 Spannweite verspannt sind.

Wir nehmen nun an, dass die beiden Viadukte vollendet sind, deren Bau keine Schwierigkeiten darbot; sie ruhen auf festem Stein und bestehen aus Quadermauerwerk mit halbkreisförmigen Bogen. Bei der Ueberspannung des zwischen den beiden Viadukten bestehenden Raumes von 57ᵐ40 dachte man natürlicher Weise zuerst an hölzerne gesprengte Bogen, denn die Ueberreste der alten Etagenbrücke konnten nicht benutzt werden und die Errichtung von hölzernen Pylonen als Widerlager war, wegen der wilden Hochgewässer und der rasenden Sturmwinde, die hier hausen, so zu sagen unmöglich. Man erinnerte sich der Täuschungen, die man bei dem Viadukt von Valserinne auf der Eisenbahn von Lyon nach Genf erfahren, dessen Abgrund indessen nur eine Tiefe von 50ᵐ0 unter dem Schlusse hatte.

Die Baumeister der Brücke El-Kantara wollten sich keiner Gefahr aussetzen und Widerlager mit einer Tiefe von 120ᵐ0 ausführen. Man dachte anfänglich an amerikanische Träger, die am Ufer konstruirt und von einem Widerlager zum andern 56ᵐ0 weit geschoben worden wären; auch machte man dazu die nöthigen Vorarbeiten. Dieses Mittel verdient unstreitig eine ernstliche Berücksichtigung und wurde als definitiver Bau an der Brücke von Tilff über die Ourth in Belgien angewendet; indessen muss man bekennen, dass man hier bei der geringen Höhe über

*) Vergl. Allgemeine Bauzeitung 1865, S. 101.

dem Wasser die Arbeiten mittels hölzerner Träger erleichtern konnte, die man auf Fährkähne stellte, was alles bei der Brücke von El-Kantara nicht zu bewerkstelligen war.

Nach gründlichen Untersuchungen erkannten die Baumeister der letzteren Brücke, dass das vorliegende Problem auf eine ökonomischere Weise durch eine Methode gelöst werden könnte, die wir hier näher beschreiben werden und welche ohne Zweifel in vielen ähnlichen Fällen eine Nachahmung finden wird.

Man denke sich vier Ketten oder Seile, die aus Gliedern von Rundeisen mit einem Querschnitt von 0m048 im Durchmesser bestehen, und die man zu zwei und zwei in Mauerwerk verankert, das vorher an den beiden äussern Widerlagern erbaut wurde; man hebe diese Ketten mittels hölzerner, mit Schmiedeisen armirter Böcke, und es wird ein sehr widerstandsfähiges Seilpolygon gebildet, das in vielen Punkten fester ist als der definitive Bau.

Die Zeichnung auf Seite 197 gibt einen sehr genauen Begriff von dieser Idee. In gewissen Entfernungen dieser konkaven Kurve wurden senkrechte Hängestangen angebracht, welche gekrümmte Balken tragen, worauf eine Brückenbahn ruht, die eine den definitiven Bogen parallele Kurve bildet. Man errichtet also auf diese Weise eine Arbeitsbrücke, welche an den Ketten durch Hängestangen befestigt ist, ohne andere Stützpunkte als die äusseren Widerlager; den Hängestangen gab man eine solche Länge, dass der obere Theil dieser provisorischen Brückenbahn oder ihr Extrados, da er parallel mit dem Intrados des wirklichen Bogens ist, sich in einer geringen Entfernung unter der Lage befindet, welche dieser definitive Bogen einnehmen muss. Während man diese Hängebrücke mit bogenförmiger Brückenbahn an Ort und Stelle konstruirte, bereitete man den hölzernen Bogen vor, woraus das Aufstellungsgerüst bestehen sollte.

Die Zahl dieser hölzernen Bogen betrug vier und hatten bei einer Höhe von 2m04 eine den doppelten ┬Eisen ähnliche Form; die Konstruktion besteht aus Hängesäulen oder Pfosten, welche oben und unten durch zwei mit Andreaskreuzen verbundene Balken abgeschlossen sind. Der Baumeister nennt diese Verbindung die Seele seiner Bogen, welche er betrachtet als einzig und allein bestimmt, die obern und untern Rippen gleichzeitig in Arbeit zu nehmen, von denen jede zwei Gruppen bildet, welche an beiden Seiten der Seele symmetrisch angeordnet sind.

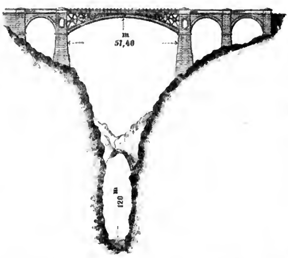
Diese Anordnung bietet nichts Neues; es sind Träger, welche in der Regel bei allen Holzverbindungen und jedesmal angewendet werden, wo eine grosse Weite ohne Zwischenstützen überspannt werden soll. Es war natürlich ohne Zweifel, diese Formen nach den gründlichen Untersuchungen, gelehrten Berechnungen und den ausgezeichneten Erfahrungen Stephenson's bei Gelegenheit der Herstellung der Brücken von Menay und Conway anzunehmen. Man überzeugt sich durch die Anordnungen Martin's, dass er sich von den Erfahrungen und dem Studium des Baues der amerikanischen Brücken begeistert fühlte, dass er die allmähligen Verwandlungen kennen gelernt, welche der ersten Idee gefolgt sind, indem er sie in dem ihm vorliegenden eigenthümlichen Falle anwendete, dass er sie endlich nachahmte, wie es geschickte Ingenieure thun, d. h. indem er eine Neuerung einführte, wenn er den gewöhnlich angewendeten geraden Trägern eine Kurve gab.

Die Konstruktion der Brücke von El-Kantara zeichnet sich besonders durch ihre ganze Auffassung aus, und namentlich ist die Anwendung dieser Hängebrücke zur Erleichterung der Aufstellung eines gesprengten Bogens hervorzuheben. In Betreff der Details lieferten die allgemeinen Principien der Holzverbindungen dem Baumeister alle die praktischen Anhaltspunkte, welche ihn zur Ueberwindung aller bestehenden Schwierigkeiten führen; es wurden also die Bogen unter sich verstrebt und das Ganze bildete ein solides Gerippe, auf dem sich gehörig miteinander verbundene Ständer erheben, und über diesen Ständern hatte man die Arbeitsbrücke hergestellt, auf welcher sich der zur Zusammenstellung nothwendige Krahn bewegte.

Alle Arbeiten wurden anfänglich auf der Hängebrücke auf einem provisorischen Gerüste verrichtet, das man zur grösseren Erleichterung mit einem durchgehenden Belag versehen und denselben auf beiden Seiten mit Geländern eingefasst hatte, welche über die Hängeketten auskragten.

Man bediente sich also, wie man sieht, der Hängebrücke zum Aufrichten des hölzernen gesprengten Bogens, doch darf man nicht annehmen, dass sich der letztere auf die gekrümmte Brückenbahn der Hänge-

brücken stützte; die vorher und einzeln bearbeiteten hölzernen Bogen wurden einer nach dem andern auf die hängende Brückenbahn geschafft, jedes Bogenstück wurde theilweise aufgebracht und nach Massgabe des Vorschreitens der Zusammenstellung befestigt, um die Ketten zu entlasten, sie gänzlich frei zu machen, den hölzernen Bogen allein arbeiten zu lassen und die hängende Brücke an ihrem Platze nur als ein Mittel zu betrachten, um zuerst die Arbeit und nachher das Auseinandernehmen zu erleichtern.



Ueber diesem hölzernen Gerüste war das Aufstellen der die definitive Brücke bildenden gusseisernen Bogen sehr leicht; der Rollkrahn brachte jeden Theil der eisernen Bogen an seinen Platz.

Man hat demnach mit den hölzernen Gerüsten zum Anfstellen der eisernen Bogen gearbeitet, wie man mit der Hängebrücke gearbeitet hat, um das hölzerne Gerüst aufzustellen, indem man zuerst den Theil des eisernen Bogens stützte, der auf dem hölzernen Gerüst herbeigeführt worden war, ihn dann mit dem folgenden verband und sie miteinander befestigte und verstrebte, und als alle diese Operationen vollbracht waren, diente das hölzerne Gerüst nur zur Arbeit und zur Unterstützung des folgenden Segments; die Anzahl der gusseisernen Bogen von ähnlicher Form wie die von Polonceau erbaute Carrousselbrücke zu Paris*) sind fünf; obschon das hölzerne Gerüst nur vier Bogen hat, so hat man sich der gusseisernen Bogen bedient, um den fünften während seiner Verbindung zu stützen.

Nachdem die Aufstellung beinahe vollendet war, wurde der hölzerne Bogen stückweise abgenommen wie man ihn aufgesetzt batte, indem man sich dazu der ursprünglichen Hängebrücke bediente.

Was das Abschlagen der Hängebrücke selbst betrifft, so folgte man einer normalen Ordnung wie es bei dem Aufstellen geschehen war.

Als die definitive Brücke hergestellt war und die provisorische Brücke unnütz wurde, konnte man die Hängestangen mit den eisernen Bogen verbinden, dann beseitigte man den Belag der provisorischen Hängebrücke, und als nun die Hängestangen vollständig unnütz wurden, wurden sie nacheinander weggenommen und zuletzt brachte man die Ketten oder Seile bei Seite, welche das Seilpolygon bildeten.

Der vorstehende Holzschnitt gibt eine Ansicht der vollendeten Brücke.

*) Vergl. Allgemeine Bauzeitung 1845. S. 73.

Notiz über ein eisernes Hängewerksystem.

Von **Lehaître** und **Mondésir.**

(Mit Zeichnungen auf Seite 199.)

Die Hängebrücken haben in Bezug auf Oekonomie vor den gewöhnlichen Brücken unbestreitbare Vorzüge, und während eines Zeitraumes von einem Vierteljahrhundert, welcher mit dem Bau der Brücke von Tournon über den Rhone beginnt, wurden sie in Frankreich fast überall den seitdem so selten geworde-

…von ähnlicher Form wie die von …rrousselbrücke zu Paris*), und …lzerne Gerüst nur vier Bogen …er gusseisernen Bogen leiden, …d seiner Verbindung zu stützen. …stellung beinahe vollendet war, …ogen stückweise abgenommen …t hatte, indem man sich dann der



ursprünglichen Hängebrücke bediente.

Was das Abschlagen der Hängebrücke selbst betrifft, so folgte man einer normalen Ordnung, wie es bei dem Aufstellen geschehen war.

Als die definitive Brücke hergestellt war und die provisorische Brücke unnütz wurde, konnte man die Hängestangen mit den eisernen Bogen verbinden, dann beseitigte man den Belag der provisorischen Hängebrücke, und als …n vollständig unnütz wurden, …der weggenommen und zuletzt …n oder Seile bei Seite, welche …n.

… Holzschnitt gibt eine Ansicht …

* … Bauzeitung 1843, S. 73.

…stem.

…lcher mit dem Bau der Brücke … Rhone beginnt, wurden es … den seitdem so selten gewesen…



Bau der Brücke El-Kantara bei Constantine.

Hängewerkssystem für Dächer von Lehaitre und Mondesir.

Fig. 1. Durchschnitt



Fig. 2.

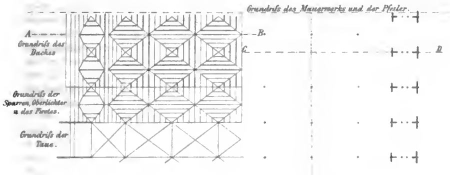


Fig. 3. Durchschnitt



Fig. 5. Durchschnitt

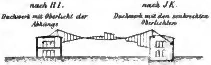


Fig. 4.

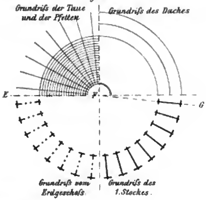
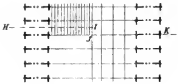


Fig. 6.





nen Fähranstalten substituirt. Nach Massgabe aber als sich das Eisen im Preise vermindert und bedauerliche Ereignisse die Gefahren gezeigt haben, welchen die Hängebrücken ausgesetzt sind, haben sie von einem Tage zum andern an Kredit verloren.

Die Herren Lehaitre und Mondésir haben die Meinung aufgestellt, dass die Uebelstände der Hängebrücken dadurch zu beseitigen sind, dass man das Hängewerksystem, wie es im Hochbau üblich ist, zu diesem Zweck anwendet, wodurch man eine beträchtliche Oekonomie erreicht und bei dem man nicht mehr die schwingenden Bewegungen zu fürchten hätte, welche Brüche veranlassen. Auch fallen dann die einer unvermeidlichen Feuchtigkeit ausgesetzten Verankerungsschachte und die Schwierigkeiten der Untersuchung der Spannketten weg, und endlich führen die eigenthümlichen Methoden der obigen Constructeurs auf zweckmässige Modifikationen, von denen hier einige Beispiele angeführt werden.

Es ist offenbar, dass das für Dächer angewendete Hängewerksystem nur bei Ueberdeckung grosser Flächen ökonomisch ist; es wird dadurch die Anzahl der Stützpunkte vermindert, was man bei gewöhnlichen Verbindungen nicht erreicht, wo das Eisen einer Druckkraft Widerstand leisten muss, anstatt einer Zugkraft wie bei den Seilen aus Eisendraht.

Lehaitre und Mondésir haben alle Widerstände der von ihnen angewendeten Konstruktionstheile berechnet und man kann sich daraus leicht überzeugen, dass die Materialien nur Lasten tragen, welche die gewöhnlichen Grenzen unserer Zimmerkonstruktionen nicht überschreiten.

Die erste Anwendung ist die Herstellung eines Zirkus von 100m0 im Durchmesser mit einem Stützpunkt in der Mitte. Die gesammte Oberfläche ist 16741 Meter, die innere Fläche hat 7853 Méter.

Der Umfang des Gebäudes wird von Galerien gebildet, die als Logen und Eingänge zu den Sitzstufen dienen; sie sind mit Gewölben bedeckt, deren Widerlager die Scheidemauern sind, an denen die Hängeseile verankert werden, welche über der Zentralsäule in einem blechernen Hut zusammenstossen. Sie tragen die Sparren und diese die Pfetten, worauf die Verschalung für die Dachdeckung liegt, mittels schmied- oder gusseiserner Stützen, welche in diesem Falle gegen den Druck arbeiten.

Zwischen den einzelnen Dachtheilen beleuchten senkrechte Fenster das Innere, um die Uebelstände zu vermeiden, welche mit den in der Dachfläche liegenden einfallenden Lichtern verbunden sind.

Die von den Säulen getragene permanente Last beträgt beiläufig 330 Kilogramm pro laufenden Meter. Rechnet man dazu eine zufällige Belastung von 120k0 für Schnee, Wind und andere aussergewöhnliche Umstände, so hat man als Maximallast pro laufenden Meter Seil 450 Kilogramm und für die Spannung eines Seiles 54 Tonnen, was also 900 Litzen Eisendraht Nr. 18 erfordert, die im Ganzen 54 Kilogramm pro laufenden Meter wiegen. Das Schmiedeisen arbeitet mit $^1/_{10}$ seiner absoluten Kraft. Um der Spannung der Seile Widerstand zu leisten, braucht man den Scheidewänden nur eine Stärke von 0m60 zu geben. Die Zentralsäule erleidet einen höchsten Druck von 320 Tonnen. Nimmt man an, dass sie von Gusseisen sei und belastet man sie mit 3 Kilogr. pro Quadratmillimeter, so braucht man ihr nur einen Querschnitt von 107,000 Quadratmillimeter zu geben, so dass sie pro laufenden Meter ein Gewicht von 770 Kilogr. hätte. Der grössern Sicherheit wegen wird man ihr ein Gewicht von 1500 Kilogramm pro Meter ihrer Höhe geben.

Wenn man das Dachwerk von Schmiedeisen konstruirt und mit Zink Nr. 14 auf Schalbrettern gedeckt, das Mauerwerk aber ausserhalb mit Quadern verkleidet annimmt, so belaufen sich die Kosten nur auf 96 Francs pro Quadratmeter der bedeckten Oberfläche.

Dieselbe Anordnung kann man bei einem Zirkus von 200m0 im Durchmesser treffen. In diesem Falle ist die total bedeckte Oberfläche 51,471 Quadratmeter und die innere Fläche 31,416 Meter; der Flächenraum des Vendômeplatzes ist 16,000 Meter.

Die Spannung der Seile würde alsdann 116 Tonnen betragen, was eine Anzahl von 1933 Litzen Draht von Nr. 18 erfordert. Die 40m0 hohe Zentralsäule aus Hanstein oder Granit und 5m0 im Durchmesser würde einen Druck von 1080 Tonnen ertragen, und da ihre Oberfläche 196350 Quadratcentimeter beträgt, so entfielen $5^1/_4$ Kilogramm pro Quadratcentimeter auf die höchste Belastung und etwas weniger als 4 Kilogr. für die permanente Belastung. Setzt man das Gewicht der Säule hinzu, so würde auf das Piedestal ein Druck

von 3500 Tonnen ausgeübt, und hätte das letztere eine Fläche von 490,000 Quadratcentimeter, so würde es tragen 7 Kilogr. als höchste und 6 Kilogr. als permanente Belastung. Bei Bauten aus Granit bewegen sich diese Grenzen zwischen $\frac{1}{80}$ und $\frac{1}{100}$ des absoluten Widerstandes.

Nach approximativen Berechnungen würden die Kosten nur 110 Francs pro Quadratmeter betragen, d. h. ohne die Fundamentirung, deren Kosten sich nach der Lokalität richten.

Als Vergleichungspunkt kann man in Paris den Marktplatz du Temple annehmen, bei dem sich die Kosten pro Quadratmeter auf 228 Francs belaufen, so wie die Zentralhallen *), welche 485 Francs kosten mit Einschluss des Unterbaues; berechnet man diesen mit 185 Fr., so bleiben 300 Fr., d. h. mehr als das Doppelte eines Zirkus von 200m 0 im Durchmesser, der nach obigem System bedeckt wäre.

Bei einem Zirkus von 100m0 im Durchmesser kann man den Mittelpfeiler weglassen und das in Fig. 3 und 4 dargestellte System annehmen. Die Hängeseile tragen einen Zentralkranz, über dem sich eine verglaste Laterne erhebt. Nachdem sich die Seile über die Tragpfeiler der Scheidemauern gebogen, werden sie in diesen Mauern verankert, deren oberer Theil allein hinreichend ist, um der Spannung der Seile Widerstand zu leisten.

Die Kosten dieses Systems pro Quadratmeter übersteigen nicht 90 Francs.

Es ist zu bemerken, dass die Spannung der Seile gegen den Umsturz der Scheidemauer nach innen arbeitet und dass schon dadurch ein solider Bau hergestellt wird. Bei einer Halle mit 80m0 äusserem und 30m0 innerem Durchmesser übersteigen die Kosten nicht 70 Francs pro Quadratmeter.

Die Getreidehalle in Paris hat nur 40m0 im Durchmesser.

Geradlinige Gebäude. — Die Fig. 5 und 6 stellen einen rechtwinkligen Saal von 75m0 Breite dar, an dessen beiden Seiten Nebengebäude stehen, deren Scheidemauern zur Verankerung der Seile bestimmt sind. Diese letztern tragen mit Hülfe von Hängestangen die Sparren nach der Richtung der Quere und über diesen sind die Pfetten befestigt, auf denen das Deckmaterial liegt. Um die Stützpunkte der Seile über den Scheidemauern nicht zu hoch zu legen wird ein Theil des Dachwerks von Stützen getragen, deren Füsse auf den Seilen stehen.

Die Spannung der Seile beträgt 60,000 Kilogr. und es genügt als Widerstand ein Mauerwürfel von 30 Kubikmetern, wobei man die Befestigungspunkte in den obern Theilen des Mauerwerks annehmen kann.

Die Kosten können mit 75 bis 85 Francs pro Quadratmeter nach dem dargestellten Muster berechnet werden.

In Fig. 1 und 2 ist ein Gebände nach den Entwürfen der Herren Lehaitre und Mondésir mit Längengalerien von 40m Länge und Quergalerien von 30m0 zwischen den Tragpfeilern dargestellt. In dem Durchschnitt bemerkt man 5 Galerien von 40m0, zwei Galerien von 30m0 und Seitensäle von 21m0 Breite. Jeder Stützpunkt im Zentrum des Gebäudes trägt eine Last, welche einem Flächenraum von 1200 Quadratmeter entspricht.

Die Pfetten sind durch Seile ersetzt, und andere Seile sind in der Richtung der Diagonalen jedes Rechteckes angebracht. Diese am Kopf eines Pfeilers verbundenen Seile halten sich das Gleichgewicht und ihre Resultante verwandelt sich in einen senkrechten Druck auf den Pfeiler selbst; übrigens sind sie mit den Enden in den Scheidemauern der Seitentheile des Baues verankert.

Diese eben so eleganten als leichten Konstruktionen gleichen einer Reihe von Kreuzgewölben, deren unter den diagonalen Seilen liegenden Gurte die Durchschneidungslinien sind. Der Abfluss des Regenwassers geht durch das Innere der Pfeiler, welche übrigens nicht mehr als 2 Kilogr. pro Quadratmillimeter Gusseisen zu tragen haben.

Die Kosten dieser Konstruktionen, 55 Francs pro Quadratmeter, sind ausserordentlich gering, was die Ingenieure durch ihre Berechnungen nachgewiesen haben.

Diese Kosten von 55 Francs pro Quadratmeter betragen beiläufig den dritten Theil der Schuppenkonstruktionen von derselben Spannweite. Diese Oekonomie erreicht man aber nicht auf Kosten der Festigkeit der Konstruktion, sondern weil alle Theile derselben nach der Richtung ihrer grössten Widerstandsfähigkeit arbeiten.

*) Vergl. Allgemeine Bauzeitung. Jahrgang 1859. Seite 233.

Die Erfinder wenden dasselbe System auf Längen- und Quergalerien von 75m0 auf 40m0 an; darüber hinaus aber glauben sie nicht gehen zu dürfen. Doch kann man bei provisorischen Bauten vortheilhaften Gebrauch von diesen Konstruktionen machen, wenn man dabei bituminirte Pappe und Tannenholz verwendet, in welchem Falle man eine Verminderung von 40 Prozent der Kosten von gewöhnlichen provisorischen Gebäuden erreichen kann, wie die des Annex des Ausstellungsgebäudes von 1855 sind, welches pro Meter 75 Francs gekostet hat.

Heizapparat mit gesättigter Luft.

(Mit Zeichnungen auf Seite 205.)

Seit langer Zeit hat man sich mit vollem Rechte mit der Heizung der Zimmer beschäftigt, deren Luft durch den Uebergang über das Blech und Gusseisen eines Ofens oder Lufterwärmungsapparates verdorben wird und den Kopf so wie die Brust derjenigen angreift, welche sie einathmen, so dass selbst Epidemien entstehen können wie diejenige, welche Dr. Carret in Chambery beobachtet und worüber er im vorigen Jahre in der Akademie der Wissenschaften zu Paris einen Vortrag gehalten hat.

Das Resultat der jetzigen Heizvorrichtungen ist um so verderhlicher, als man sich wohl trocknen aber niemals erwärmen kann. Die Ursache dazu ist eine ganz einfache; die warme Luft eines Kamines oder Ofens trocknet die Epidermis der Haut aus und in Folge der Verdunstung erkältet sich der Körper wie der Alkarasas*) durch die Verdunstung die Abkühlung der Flüssigkeit erzeugt, die in ihm enthalten ist. Daher auch jene Ergriffenheit, die man beim Verlassen eines geheizten Zimmers empfindet.

In der That erleidet man bei 18° jener künstlichen Wärme ein Gefühl der Kälte und man sucht die Wärme auf; im Frühjahr fühlt man bei demselben Temperaturgrad eine wohlthuende Wärme und sucht nach Frische.

Die Ursache dieser verschiedenen Empfindungen hat ihren Grund in der Sättigung der natürlichen Luft, deren Wassergehalt mit der Erhöhung der Temperatur zunimmt, während sie bei den verschiedenen Heizsystemen abnimmt; bei einer Temperatur von Null enthält ein Kubikmeter Luft 5 Grammes Wasser, bei 18° aber 15 Grammes.

Es ist daher bei jedem Heizsysteme ein System einzuführen, das der Luft diejenige Quantität Wasser mittheilt, welche nach der Höhe ihrer Temperatur zu ihrer Sättigung nothwendig ist. Um dieses Resultat zu erreichen setzte man anfänglich ein mit Wasser gefülltes Gefäss auf die gusseisernen Oefen, doch war die Wirkung davon unbedeutend. Später hatte ein russischer General die Idee, einen Wasserbehälter in den Wärmeapparat selbst zu setzen; auch wurde dieses Beispiel in Frankreich nachgeahmt, indessen erzeugte man auf diese Weise Dampf, der sich mit der heissen Luft vermischte, welche niemals regel-

*) Mit diesem Namen, welcher das etwas veränderte „alcarraza“ der Spanier ist, bezeichnet man jene irdenen Gefässe in Form von Krügen oder Bouteillen, die zur Erfrischung des Getränkes dienen. Die erfrischende Eigenschaft der Alkarasas kommt daher, dass sie einen Theil der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit ausschwitzen lassen und dass dieser Theil durch seine Verdunstung an der äussern Fläche des Gefässes der innern Wärme einen Theil entzieht. Man muss daher, um diese Verdunstung und folglich das Abkühlen des Inhalts zu beschleunigen, das Gefäss einem möglichst lebhaften Luftzuge aussetzen. Das Material, aus dem man diese Gefässe bereitet, besteht aus 5 Theilen kalkhaltiger und 8 Theilen thonhaltiger Erde. Kann man sich zur Anfertigung keine passende Erde verschaffen, so mischt man zu dem Material beim Kneten desselben eine gewisse Quantität Seesalz, welches beim Brennen des Gefässes schmilzt und eine Menge von Poren zurücklässt, durch welche das Wasser durchschwitzen kann. Uebrigens setzt man beim Brennen solche Gefässe nur einer zehn- bis zwölfstündigen Hitze aus. Die Erfindung der Alkarasas schreibt man den Aegyptern zu; die Araber führten sie in Spanien ein, von wo sie sich nach allen warmen Ländern verbreitet haben. Anmerkung der Redaktion.

mässig gesättigt wurde und oft entweder zu trocken oder zu sehr mit Dampf geschwängert war.

Um diesen Uebelständen zu begegnen, brauchte man nur den Vorgang in der Natur zu Nizza, zu Cannes zu studiren, deren Meteorologen mit Recht die wohlthuende Milde des dortigen Klimas dem Einfluss des Sirocco und jener ausgetrockneten Luft zuschreiben, welche sich durch den Uebergang über das mittelländische Meer selbst sättigt und schon dadurch milde und für die Lungen so zuträglich wird.

Der Architekt Anez in Mendon beachtete dieses meteorologische System, indem er nächst einem Wärmeapparat eine Luftkammer und einen Wasserbehälter herstellte, deren Flächen die vom Wärmeapparat erhitzte Luft bespielt, welche sich mit den Elementen sättigt, die sie verloren (250 Grammes Wasser pro Kilogramm verbrannter Kohle) und die sie aus der Brust derjenigen nehmen würde, welcher sie eingeathmet.

Die heisse Luft, welche auf diese Weise durch eine anliegende Kammer über eine Fläche gestrichen ist, deren Wasser niemals zum Sieden gelangt, sättigt sich regelmässig und von selbst, ohne Dampf, und erzeugt eine milde Frühlingswärme, nach welcher die Kranken aus weiter Ferne herbeieilen.

Nachstehend folgt die Beschreibung des Systemes von Anez, das durch die Abbildungen auf Seite 205 erläutert wird. Fig. 1 ist der ebenerdige Grundriss des Wärmeapparates Q und der Luftkammer R; Fig. 2 ist ein Durchschnitt nach der Linie A B des Grundrisses mit einem Reservoir I, das in der Regel aus verzinntem Kupfer besteht und durch einen Trichter gespeist wird, woran ein Rohr angebracht ist, das auch zur Ableitung des Ueberwassers dient und das Austreten des Wassers in die Kammer R verhindert.

Ueber der Mauer, an der Seite des Reservoirs, befindet sich ein Rohr, welches das Wasser von dem Boden mittels eines Hahnes aufnimmt, wenn man das gedachte Bassin reinigen und ausbessern will.

Ueber dem genannten Rohr und ausserhalb ist eine Glasröhre angebracht, welche ein Manometer bildet und die Wasserhöhen in diesem Reservoir angibt.

In der Kammer R, der man ziemlich grosse Dimensionen geben muss, befreit sich die erwärmte Luft von ihren Unreinigkeiten und von den zu schweren Gasen; auch hat man die Luftlöcher K K K in den oberen Theilen des Recipienten anzubringen.

Wenn man das Luftloch P wie auch das Wasserreservoir weiter macht, so kann man die Sättigung vermehren, oder man kann sie vermindern, wenn man sie verkleinert. Man erreicht denselben Zweck mittels eines Reservoirs, dessen Seiten so geneigt sind, dass die Verdunstungsfläche je nach der Wasserhöhe vergrössert oder vermindert wird; mittels eines umgekehrten Ueberwasserhahnes kann man diese Verdunstungsfläche auf konstanter Grösse erhalten.

Die auf diese Weise gewonnene von allem Geruche befreite Luft gestaltet sich zu einer milden Frühlingswärme und das auf obige Art eingerichtete Reservoir liefert der erwärmten Luft jenen Sauer- und Wasserstoff, die sie verloren hat und die sie ohne das in Rede stehende System nur auf Kosten der Brust Jener, die sie einathmen und zum Nachtheil derjenigen Pflanzen wiedererlangt, welche sie erwärmen sollen *).

Fig. 3 ist ein Durchschnitt nach G H des Grundrisses mit dem Reservoir, dem Luftüberfall P auf das Wasser des Reservoirs und die Lufteinlässe K K K in die zu heizenden Räume.

Die kalte Luft, welche erwärmt werden soll, strömt von aussen durch die in den Heizapparat angebrachten Oeffnungen herbei, geht um die Feuerung, zirkulirt um das Wasser und die Serpentinen bis zum oberen Theil des Apparates, von wo diese erwärmte Luft wie eine Kaskade auf ein Wasserreservoir fällt, wo sie sich mit den verlorenen Elementen sättigt, indem sie die Feuerung, die Röhren und die Kasten bespielt.

Dieses System lässt sich bei allen bestehenden Wärmeapparaten und allen Warmluftmündungen je nach den lokalen Verhältnissen anbringen; die Luftkammer R und das Reservoir können nach der Bestimmung und eigenthümlichen Anordnung eines Warmluftapparates und seiner Mündungen an irgend einem Theil der die warme Luft leitenden Röhrentour angebracht werden.

*) Der Verfasser dieses Aufsatzes sah eine Kamellia, 0m60 von einer Warmluftöffnung und bei einer Temperatur von 30 bis 40° C., welche in prachtvoller Blüthe stand und in dieser Entfernung ihre Blätter 5 Wochen bewahrte.

eiten und von den zu schwer
n die Luftlöcher KKK in de
ecipienten anzubringen.
.uftloch P wie auch das Wasse
ht, so kann man die Sättigung
kann sie vermindern, wenn m
rreicht denselben Zweck mitt
en Seiten so geneigt sind, das
se je nach der Wasserhöhe ve
lert wird; mittels eines eng
ahnes kann man diese Verän
anter Grösse erhalten.
eise gewonnene von allen Ge
taltet sich zu einer milden Früh
uf obige Art eingerichtete Rese
rmten Luft jenen Sauer- und
rloren hat und die sie ohne di
stem nur auf Kosten der Brus
n und zum Nachtheil derjenige
t, welche sie erwärmen soller[*].
rchschnitt nach G H des Grund
oir, dem Luftüberfall P auf de
und die Lufteinlässe KKK a
ne.
welche erwärmt werden sol
rch die in den Heizapparat e
herbei, geht um die Feuerung
sser und die Serpentinen in
pparates, von wo diese erwärmt
auf ein Wasserreservoir fäll
rlorenen Elementen sättigt, i
, die Röhren und die Kanä

st sich bei allen bestehende
allen Warmluftleitungen
hältnissen anbringen; die Luf
eservoir können nach der B
thümlichen Anordnung eine
l seiner Mündungen an irgend
rme Luft leitenden Röhren u

[*] Aufsatzes sah eine Kamelia, we
ffnung und bei einer Temperatu
elche in prachtvoller Blüte stand
rnung ihre Blätter 5 Wochen la

Fig. 1.

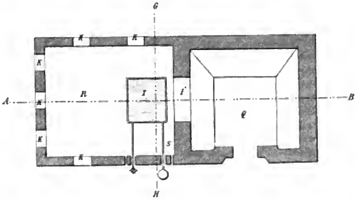


Fig 3.

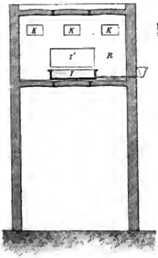
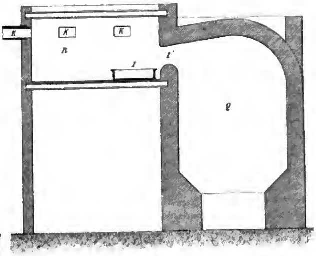


Fig 2.



Allgem. Bauzeitung 1844

Der Schornstein der Dampfmaschine in der Fabrik chemischer Produkte des Herrn Menier zu St. Denis.

(Mit Zeichnungen auf Seite 209.)

Unter den industriellen Bauten, welche seit Jahren in so grosser Anzahl ausgeführt werden, gibt es wenige, welche in architektonischer Beziehung ein Interesse gewährten; unter dem Vorwande der Oekonomie begnügt man sich im Allgemeinen mit banalen und schlecht konstruirten Bauwerken. Die Oekonomie ist allerdings eine der ersten Bedingungen, welche in solchen Fällen zu beobachten sind; sie ist aber nicht unvereinbar mit dem guten Geschmack, und es lässt sich im Allgemeinen behaupten, dass es möglich ist, jedem Bau, so wenig Kosten man auch darauf verwenden kann, einen eigenthümlichen Charakter, einen angenehmen Anblick zu geben; die kleinste Hütte kann einen künstlerischen Werth erhalten und dennoch nicht mehr Ausgaben erfordern als wenn man darauf gar keine Rücksicht genommen hätte. Der Baumeister braucht nur die ihm zu Gebote stehenden Materialien nach ihrer Natur und ihrer Bestimmung zu benutzen und an dem Aeusseren der Baulichkeiten frank und frei das Programm ausdrücken, das ihm für die innere Einrichtung gegeben war, um dem Ganzen wie den Einzelheiten gute Verhältnisse zu geben. Behält er diese Ansichten im Auge, so wird der Baumeister ein originelles Werk hervorbringen, ohne die Kosten zu vermehren; im Gegentheil, er wird dadurch selbst, dass er der Sklave seines Programmes bleibt und es mit Intelligenz ausführt, häufig wesentliche Ersparungen herbeiführen. Die hier ausgesprochenen Meinungen sind gewiss allgemein verbreitet, werden aber bloss in der Theorie anerkannt, denn in der Praxis sind die Anwendungen davon sehr selten, die Versuche sehr unfruchtbar. Die Gesellschaften und Eigenthümer, welche industrielle Etablissements errichten, wünschen im Allgemeinen die grösste Alltäglichkeit und untersagen den Baumeistern jede Art von künstlerischem Streben, und diese willigen gern in die leichte Aufgabe, stimmen den Ansichten solcher Bauherren bei und alles folgt ohne die geringste Anstrengung der allgemeinen Bewegung.

Glücklicher als so viele andere hatte der Architekt Saulnier freies Feld bei dem Bau der Fabrik chemischer Produkte des Herrn Menier zu Saint-Denis obschon man auch ihm hinsichtlich des Kostenpunktes gewisse Grenzen angewiesen hatte; auch benutzte er diese glückliche Gelegenheit und studirte mit grösster Sorgfalt nicht allein die allgemeinen Anordnungen seines Baues, sondern auch die geringsten Einzelheiten desselben, und es wird von jedem Sachverständigen anerkannt, dass er die Verwirklichung des Programmes mit praktischer Intelligenz und künstlerischem Sinne bewirkte, ohne die Bausummen zu überschreiten, die ihm bewilligt waren. Wenn man diese weitläufige Fabrik besucht und nacheinander die verschiedenen Gebäude näher betrachtet, woraus sie besteht, so ist man erstaunt über die Zweckmässigkeit derselben für ihre Bestimmung. Bei der Anwendung von Haustein, Bruchstein, Ziegeln, Holz oder Metall wusste der Architekt je nach den vorkommenden Fällen, nach den zu befriedigenden Bedürfnissen eine sinnreiche Anordnung zu schaffen. Wir hoffen unsern Lesern eine vollständige Mittheilung von den Zeichnungen dieses schönen und zweckmässigen Bauwerkes machen zu können, müssen uns aber heute auf die Darstellung des Dampfmaschinenschornsteines beschränken, welcher die Mitte des Gebäudes einnimmt.

Der Entwurf dieses Schornsteines war gewiss einer der wesentlichsten Punkte des Programmes und ein Theil des Baues, der bei seiner Wichtigkeit die grösste Ueberlegung erheischte. Indem der Architekt das einfachste und natürlichste Konstruktionssystem wählte, wusste er dem Schornstein einen monumentalen Anblick und eine angenehme Form zu geben, wie man aus den Zeichnungen auf Seite 209 selbst beurtheilen kann; die allgemeinen Verhältnisse sind sehr befriedigend und die Dekoration, die nur aus der Anwendung der Materialien hervorgeht, macht eine sehr glückliche Wirkung. Der ganze Bau ist aus Ziegeln ausgeführt, der Sockel und die Theile der Bekrönung, die dem Regen unmittelbar ausgesetzten Abschrägungen und einige Bandgesimse sind von Stein

hergestellt worden, die äusseren Flächen sind mit Ziegeln von verschiedenen Farben und Inkrustationen von Schiefer verziert, wodurch eine sehr angenehme Färbung hervorgebracht wird. Fig. 1 ist die ganze Ansicht des Schernsteines, Fig. 2 Ansicht des unteren Theiles desselben, Fig. 3 die Hälfte seines Grundrisses nach AB Fig. 2, Fig. 4 Durchschnitt dieses unteren Theiles, Fig. 5, 6 und 8 Details einer Wasserrinne, Fig. 7 Durchschnitt der Auskragung, Fig. 9 Bekrönung des Schernsteines, Fig. 10 Grundriss nach CD in Fig. 9, Fig. 11 Durchschnitt der Bekrönung.

Neue Systeme von Dachziegeln.

Von **Humbert** und **Paudosy**.

(Mit Zeichnungen auf Seite 211.)

Fig. 1—4 Seite 211 ist eine Art römischer Ziegeln dargestellt. Fig. 1 ist der Durchschnitt von zwei solchen an den Seiten überfalzten Ziegeln, Fig. 2 eine obere Ansicht, Fig. 3 Durchschnitt nach der Linie XZ in Fig. 2. Diese Ziegeln haben einen doppelten Kanal AB; behufs der Ueberdeckung des einen über den anderen ist an der linken Seite eines jeden die Leiste C angebracht; die rechte Seite bilden zwei Streifen d D, welche in zwei Falze eingreifen, die unter dem Theil C angebracht sind. Die beiden Kanäle von jedem Ziegel sind durch einen ebenen Theil E getrennt. Das obere Ende ist mit einem Rand F versehen, welcher das Eindringen des Wassers zwischen den beiden Ziegeln verhindert. Das untere Ende hat einen anderen Rand G unterhalb und die Form des doppelten Kanals von dem Ziegel, worauf sich dieser Theil unmittelbar vor den Rand F legt. Gegen das obere Ende des Ziegels und unterhalb des Kanales sind zwei Haken H (Fig. 3) angebracht, die in dem Falle zum Befestigungspunkt dienen, dass das Dach eine etwas bedeutende Neigung haben sollte. Der untere Theil des Ziegels bildet eine ebene Fläche. Zu bemerken ist, dass der Streifen d wie auch der korrespondirende Falz d' ohne Hinderniss wegbleiben können.

Um das Gewicht der Ziegeln zu vermindern wurde der Theil m (Fig. 4) von dem ebenen Theil E weggeschnitten, der sich zwischen den beiden Kanälen des Ziegels befindet, so dass die innere Fläche überall den oberen Konturen folgt und die Stärke davon gleichmässig bleibt. Der neue Ziegel liegt auf zwei ebenen Theilen, welche eine hinlängliche Ausdehnung haben, damit er fest sei; auch ist seine Festigkeit noch gross genug, dass er den Stössen Widerstand leisten kann, denen er ausgesetzt ist. Was die Verminderung des Gewichtes betrifft, so ist sie für jeden Ziegel ansehnlich und wird um so bedeutender als das Dach eine grosse Ausdehnung hat und eine Erleichterung des Dachstuhles nothwendig ist.

Fig. 5 bis 10 stellen die Ziegel des Herrn Pandosi in Paris dar. Fig. 5 ist die obere, Fig. 6 die untere Ansicht des Ziegels, Fig. 7 ist die Ansicht des Profils vom oberen Theil, Fig. 8 dgl. vom unteren Theil des Ziegels. Dieser Ziegel hat die Form eines Parallelogrammes von $0^m\,40$ Höhe bei $0^m\,34$ Breite und $0^m\,016$ Stärke. Man kann aber die Grösse nach Belieben annehmen; a in Fig. 5 ist eine $0^m\,015$ vorspringende Leiste an der ganzen Länge der rechten Seite des Ziegels bis zu einer Entfernung von $0^m\,015$ am unteren Theil, welcher leer bleibt; a' ein ebenfalls $0^m\,015$ vorspringender Streifen nach der ganzen Breite des oberen Theiles von dem flachen Theil des Ziegels; a^2 gekrümmte Leiste von $0^m 010$ Vorsprung an dem oberen Theil der Ueberdeckung b; diese Leiste setzt sich auf der vorhergehenden a' fort; b Ueberdeckung in Rundstabform, welche die linke Seite des Ziegels begrenzt; c vorspringender Haken von eckiger Form; d Raute; ff' ebene Fläche des Ziegels mit abgerundetem Rande am unteren Theil eine geneigte Erweiterung bildend. In Fig. 6 $e\,e'$ Stifte an dem oberen Theil des Ziegels mit Löchern an den senkrechten Seiten zur Befestigung des Ziegels an die Leisten; i i Befestigungsstifte mit Löchern an den senkrechten Seiten gebildet an jeder Seite des oberen Theiles des Ziegels; diese Stifte dienen zur Verbindung

4 Durchschnitt dieses untern
1 8 Details einer Wasserrinne
er Auskragung, Fig. 9 Bekr-
s, Fig. 10 Grundriss nach C D
chschnitt der Bekrönung.

In.

ssen Widerstand leisten kann
t. Was die Verminderung de
t sie für jeden Ziegel anschaulich
tender als das Dach eine grosse
eine Erleichterung des Dach

len die Ziegel des Herrn Po
g. 5 ist die obere, Fig. 6 die
egels, Fig. 7 ist die Ansicht de
heil, Fig. 8 dgl. vom untern
eser Ziegel hat die Form eine
n 0m 40 Höhe bei 0m 34 Breite
Man kann aber die Grösse und
a in Fig. 5 ist eine 0m 015 vo
der ganzen Länge der rechten
n einer Entfernung von 0m 015
cher leer bleibt; a' ein ebenfalls
er Streifen nach der ganzen
iles von dem flachen Theil de
e Leiste von 0m010 Vorsprung
il der Ueberdeckung b; dies
der vorhergehenden c' für
undstabform, welche die Fuhe
ennt; c vorspringender Bahn
ante; f f' ebene Fläche des Ze
Rande am unteren Theil ein
bildend. In Fig. 6 e e' Stifte a
Ziegels mit Löchern an de
Befestigung des Ziegels an de
ingsstifte mit Löchern an de
bildet an jeder Seite des obern
ese Stifte dienen zur Verbindung

Fig. 1.



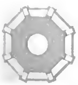




Fig. 2.

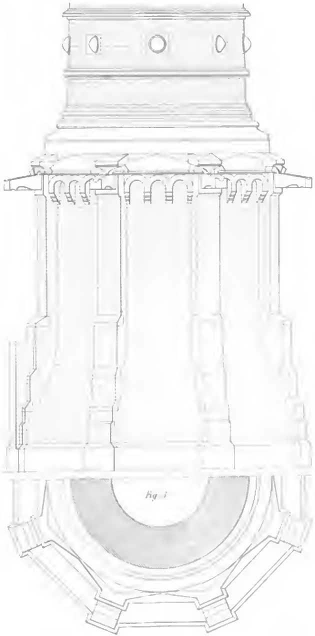


Fig. 3

Allgem. Bauzeitung 1866

Neues System von Dachziegeln

System Pandosy

Fig 9

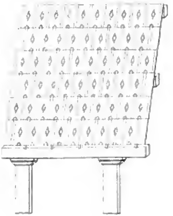


Fig 5

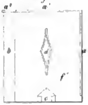


Fig 6.



Fig. 7

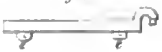


Fig 8



System Humbert.

Fig 10

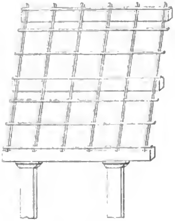


Fig 3



Fig 2.



Fig 4



Fig. 1



Zu Fig 5 10



Zu Fig 1–4



Allgem. Bauzeitung 1866

der Ziegeln miteinander; k' Rinnen für die Ueberdeckung b in Fig. 5, gebildet an dem unteren Theil und zur Ueberdeckung der Leiste a in Fig. 5 dienend; l Vertiefung für den Haken c in Fig. 5; m m' vorspringende Leisten von 0m 018 bis 0m 020 Höhe auf 0m 030 Breite, gebildet unten am flachen Theil des Ziegels mit einem Falz in der Mitte zum Abtropfen des Wassers.

Diese Einrichtung verhindert das Eindringen des Wassers bis zur Leiste a (Fig. 5) und dient gleichzeitig zur Ueberdeckung des oberen Theiles des Ziegels; n Vertiefung für die Raute d (Fig. 5); o' ebener Theil des Ziegels. Fig. 9 ist die Ansicht eines gedeckten Daches und Fig. 10 eine Ansicht der Leisten und Unterlagen, worauf die Ziegel liegen.

Nach den Erfindern bietet diese Art von Ziegeln durch ihre Konstruktion alle möglichen Bürgschaften der Festigkeit und verhindert durch ihre Verbindung das Einregnen. Zwölf von diesen Ziegeln bilden einen Quadratmeter und wiegen nicht mehr als 35 Kilogramm. Da sie trocken gelegt werden und alle Anwendung von Mörtel oder anderen Materialien unnütz machen, so gewähren sie schon in dieser Beziehung eine beträchtliche Oekonomie. Da endlich diese Ziegeln auf Leisten liegen, die auf 0m 50 voneinander entfernten Unterlagen genagelt sind, so erfordern sie nur einen leichten Dachstuhl.

Die beiden hier dargestellten Systeme von Ziegeln sind in Frankreich den Erfindern patentirt worden.

Die kaiserliche Wasser- und Strassenbauschule in Paris.

Es dürfte allen unsern verehrten Lesern bekannt sein, dass in der École des ponts et chaussées von Frankreich ausser den die École polytechnique verlassenden Ingenieur-Eleven auch eine gewisse Anzahl französischer und ausländischer Schüler aufgenommen werden, welche an den Arbeiten der Schule Theil nehmen, wahrscheinlich aber ist es, dass das Programm der Kenntnisse, welche zur Aufnahme der externen Eleven in diese Anstalt erfordert werden, nicht Jedermann zur Kenntniss gekommen ist. Indessen dürften diejenigen Fachgenossen, denen eine vollständige Sammlung der Annales des ponts et chaussées zur Verfügung steht, nur den zweiten Theil des ersten Bandes derselben zur Hand nehmen, um zu finden:

1. Das Organisationsdekret der Ecole des ponts et chaussées vom 13. Oktober 1851.

2. Die ministerielle Verfügung vom 14. Februar 1852, betreffend die Aufnahme externer Eleven in diese Schule und

3. Das Programm der erforderlichen Kenntnisse, welches dieser Verfügung beigeschlossen ist.

Die Kenntniss dieser Dokumente ist indessen nicht genügend, denn ein neues Programm, das durch ministeriellen Erlass vom 18. Januar 1864 genehmigt wurde, dient jetzt zur Richtschnur. Es enthält, sagt eine Note in Betreff der Prüfung, nur diejenigen Gegenstände, welche unerlässlich nothwendig sind, damit die aufgenommenen Kandidaten den in der Schule ertheilten Unterricht zweckmässig benutzen können. Wir haben es desshalb nicht für uninteressant gehalten, dieses Programm aufzunehmen und gleichzeitig an die Prüfungen zu erinnern, denen sich die Kandidaten zu unterwerfen haben.

Die Prüfungen umfassen schriftliche Ausarbeitungen, Ausführung von Zeichnungen und mündliche Examen.

Der erste Theil ist eine schriftliche Abhandlung über einen oder mehrere Gegenstände nach dem Programm der erforderlichen Kenntnisse, der zweite Theil betrifft die Ausführung einer Zeichnung aus der beschreibenden Geometrie und eine getuschte architektonische Zeichnung.

Jeder Kandidat hat zwei mündliche Prüfungen nach den im Programm vorgeschriebenen Gegenständen zu bestehen.

Zwischen beiden Prüfungen muss ein Zeitraum von mindestens fünf Tagen liegen.

Das Programm der Gegenstände umfasst: Arithmetik, Geometrie, Algebra oder Trigonometrie, analytische Geometrie mit zwei und drei Dimensionen, be-

schreibende Geometrie mit Anwendungen, Differenzialrechnung, Integralrechnung, Mechanik, Physik, Chemie, Architekturzeichnen.

Diesen Theil des Programms werden wir in einem der nächsten Hefte unserer Zeitschrift ausführlicher mittheilen.

Das Lehrsystem der Schule besteht aus zwei Theilen: dem eigentlichen Schulunterricht und dem praktischen Unterricht bei Missionen.

Der vollständige Lehrkurs hat eine Dauer von drei Jahren.

Die Eleven werden in drei Klassen eingetheilt, von denen jede einer Promotion der polytechnischen Schule korrespondirt.

Der Unterricht in der Schule umfasst:

1. Von den Professoren ertheilte, mündliche Lektionen.

2. Graphische Studien; Verfassung von Abhandlungen und Konkurse von Kunstprojekten.

3. Manipulationen und Versuche mit Baumaterialien.

4. Uebungen im Nivelliren und Aufnehmen von Plänen.

5. Besuche von Bauplätzen.

Die Kurse und Studien innerhalb der Schule dauern jedes Jahr vom 1. November bis 30. April.

Vom 1. Mai bis 30. Oktober werden die Ingenieur-Eleven auf Missionen in die Departements gesandt, wo sie den im Bau begriffenen Bauten zugetheilt werden, um sich unter der Leitung der Chefs des Baudienstes der Praxis des Bauwesens zu widmen.

Die externen Eleven werden wie die Ingenieur-Eleven nach Studienjahren klassifizirt; sie nehmen an denselben Studien, Uebungen, Manipulationen etc. Theil, wie diese.

In der Zwischenzeit der Sessionen können sie die Erlaubniss erhalten, die Bauten zu besuchen, welche auf Rechnung des Staates ausgeführt werden.

Die externen Eleven konkurriren unter sich und nach der Klasse. Der Rang des Verdienstes in jeder Klasse wird wie bei den Ingenieur-Eleven nach den Graden bestimmt, welche nach den Resultaten der Konkurse, der graphischen und anderen Arbeiten, der mündlichen Prüfungen und nach dem Fleiss bei den Vorlesungen und in den Studiensälen festgesetzt werden.

Die Regeln für die nothwendige Zeit, nach welcher die Ingenieur-Eleven von einer Klasse zur andern übergehen oder ausser Konkurs erklärt werden können, sind auch auf die externen Schüler anwendbar. Derselbe Fall ist es in Betreff der Frist, welche den Ingenieur-Eleven zur Vollendung ihrer Studienzeit bewilligt wird.

Die Klassenordnung wird von dem Schulrath bestimmt und die externen Eleven, welche beim Ende ihrer Studien allen oben angegebenen Bedingungen entsprochen haben, erhalten ein Diplom mit der Angabe ihres in der Schule erlangten Grades von Kenntnissen.

Der Konkurs zur Aufnahme der externen Eleven wird alljährig vom 1. bis 15. Oktober eröffnet, die Gesuche um Aufnahme in die Schule werden vor dem 15. August an den Minister des Ackerbaues, des Handels und der öffentlichen Bauten gerichtet.

Die in Frankreich geborenen Kandidaten müssen mindestens 18 und höchstens 25 Jahre alt sein.

Es ist bekannt, dass der Unterricht in der Schule sich besonders auf Strassen, Eisenbahnen, Kanäle, Flüsse und Ströme, so wie auch auf Seehäfen und überhaupt auf alle die Gegenstände bezieht, die zur Anlage der Land- und Wasserkommunikationen gehören. Fernere Gegenstände sind Bewässerungen, Entwässerungen, die Regulirung der Wasserläufe und der durch Wasserkraft betriebenen Fabriken, die Vertheilung des Wassers u. s. w. Auch gehören zum Unterricht die Lehren der Mechanik, die Civilbaukunst, die Mineralogie, Geologie, die Verwaltung, die Verwaltungsgesetze und die Staatsökonomie, welche dem Ingenieur zu wissen nöthig sind.

Alle Vorlesungen sind gratis. Man kann daraus den ungeheuren Vortheil beurtheilen, welcher für junge und dazu fähige Conducteurs daraus erwachsen, wenn sie dem Unterricht als externe Eleven beiwohnen.

Stärkebestimmung und Konstruktionsprinzipien der Zylinder hydraulischer Pressen.

Von I. Trauzl,

Lieutenant in der k. k. Genie-Waffe.

(Mit Zeichnungen auf Seite 223 [redacted])

Zweck der folgenden Abhandlung ist, die theoretischen Grundlagen anzugeben, auf welche gegenwärtig die Stärkebestimmung und Konstruktion der Zylinder hydraulischer Pressen, welche einem sehr starken hydrostatischen Drucke ausgesetzt sind, zu basiren ist, und die Methoden, durch welche die Praxis die Forderungen der Theorie möglichst realisiren kann.

Hiebei soll den grossen Fortschritten, welche durch den kolossalen Aufschwung der Geschützfabrikation in Amerika, England und Deutschland hervorgerufen wurden, besondere Beachtung geschenkt werden.

Der übersichtlicheren Behandlung wegen wird der Aufsatz in drei Theile getheilt: Im ersten Theile wird die genaue Theorie des Gleichgewichtszustandes eines Zylinders entwickelt, der konstanten Kräften ausgesetzt ist, die gleichförmig vertheilt und normal gegen seine gekrümmten Oberflächen wirken, und sollen die Prinzipien angegeben werden, nach welchen die Konstruktion von Zylindern zu geschehen hat, die einem sehr bedeutenden hydrostatischen Drucke zu widerstehen haben. Der zweite Theil gibt die Methoden an, welche die praktische Verwerthung der theoretischen Forderungen erlauben, und im dritten Theile werden einige Punkte näher erörtert, welche für die Anwendung der erhaltenen allgemeinen Resultate auf spezielle Fälle von Wichtigkeit sind.

I.

a) Theorie der Festigkeit von Zylindergefässen.

Die Formeln, welche gegenwärtig den Berechnungen über Zylinderstärken zu Grunde gelegt werden, sind die von Brix, Barlow und Lamé.

Die zwei ersten dieser Formeln ruhen auf Hypothesen, die unter Verhältnissen, wie sie bei starken hydraulischen Pressen vorkommen, zu ganz falschen Resultaten führen. Sie dürfen daher auch für solche Fälle überhaupt nicht verwendet werden*).

Die Formel von Lamé, in englischen Schriften häufig auch nach Dr. Hart (Professor in Dublin) benannt, ist exakt unter der Voraussetzung, dass das Material des Zylinders nach allen Richtungen gleiche Elasticität besitze.

Aber eben diese Supposition ist bei einem Theile jener Konstruktionsmethoden nicht erfüllt, denen scharfe Berechnungen zu Grunde gelegt werden müssen.

Wendet man z. B. wie Longridge zur Verstärkung der Presscylinder Stahldraht an, der um selbe gewickelt wird, so hat man ein Material, welches in der Längenrichtung den Elasticitätsmodul von 40 bis 50 Millionen Zollpfunden (auf den Quadratzoll bezogen) hat, während diese Grösse in der darauf senkrechten Richtung nur 30 bis 40 Millionen Pfunde beträgt. Aehnliche Differenzen ergeben sich bei Anwendung von Eisendraht, Eisenblech u. s. f.

In solchen Fällen wird manchmal die im Querschnitte des Zylinders bestehende Differenz der Elasticität in radialer und darauf senkrechter Richtung so einflussreich, dass die Grundlage der Lamé'schen For-

*) So ist beispielsweise das Verhältniss der Wandstärken, welche man durch die Lamé'sche, Barlow'sche und Brix'sche Formel für den Fall erhält, dass der äussere Normaldruck = 0, der innere aber = 0·95 der zulässigen Spannung der innersten Fasern in tangentialer Richtung sei, wie 1 : 3·6 : 0·3, d. h. die Barlow'sche Formel gibt für diesen Fall fast viermal so grosse, die Brix'sche dagegen mehr als $^1/_3$mal kleinere Werthe als die exakte Lamé'sche Formel.

Im Uebrigen verweise ich bezüglich Ableitung und Vergleich der verschiedenen Formeln, welche bisher zur Berechnung von Zylinderstärken verwendet wurden, auf die Broschüre von Scheffler: Die Elasticitätsverhältnisse der Röhren, welche einem hydrostatischen Drucke ausgesetzt sind etc. Wiesbaden, 1859

mel und daher auch diese selbst nicht mehr für alle Fälle beibehalten werden kann.

Aus diesem Grunde, so wie wegen des Umstandes, dass die in technischen Werken gegebenen Ableitungen der Lamé'schen Formel unter einer Vernachlässigung leiden, die zu falschen Resultaten für die Dimensionsänderungen für die gedrückten Cylinder führen, und eben diese gegenwärtig sehr wichtig sind, muss zunächst zur scharfen Lösnng der Aufgabe übergegangen werden:

Bestimmung des Gleichgewichtszustandes eines an beiden Enden offenen Cylinders, unter der Einwirkung von konstanten Kräften, welche gleichmässig vertheilt und normal gegen seine gekrümmten Oberflächen wirken, wobei vorausgesetzt wird, dass die Elastizitätsverhältnisse der konzentrischen Schichten, welche das Rohr bilden, verschieden sind in der Richtung ihres Umfanges und in der ihrer Radien.

Ich werde eine einfache, direkte Lösung dieser Aufgabe geben, ohne auf die allgemeinen Grundgleichungen der mathematischen Elasticitätstheorie zurückzugehen, da mit letzterer die wenigsten Techniker genügend vertraut sind.

Bezeichnungen:

r = Halbmesser einer beliebigen konzentrischen Ringschichte oder Zylinders.

T = Tangentialkraft in einem Pnnkte des letzterwähnten Zylinders, bezogen auf die Flächeneinheit.

N = Normalkraft in demselben Punkte, ebenfalls bezogen auf die Flächeneinheit.

λ = Vergrösserung des Radiums r, bezogen auf die Längeneinheit.

(Die gleichen Buchstaben mit dem Zeiger $_e$ bedeuten die analogen Grössen bezogen auf die innere mit dem Zeiger $_i$ bezogen auf die äussere Oberfläche des Zylinders.)

ε = Längenmodul*) für die Wirkung in der Richtung der Tangentialkraft.

μ = Quermodul für die Wirkung in der Richtung der Tangentialkraft.

ε' μ' die analogen Grössen für die Wirkung in der Richtung der Normalkraft.

Der Zylinder wird von der Länge Eins angenommen.

Die Veränderungen parallel zur Achse werden vernachlässigt, was so lange ohne beachtenswerthen Einfluss auf das Resultat geschehen kann, als die Krafteinwirkung innerhalb der Elastizitätsgrenze bleibt.

Es ist vor Allem direkt klar, dass der Symmetrie der Massen- und Kraftvertheilung wegen in allen

*) Wirken auf ein rechtwinkeliges Parallelepipedum, dessen auf einander senkrechte Kanten a, b, c sind, normal zu den auf die Kanten a senkrechten Endflächen die gleichförmig vertheilte Kraft N, normal zu den auf die Kante b senkrechten Endflächen die gleichförmig vertheilte Kraft τ (N und τ auf die Flächeneinheit bezogen), so ist die Längenveränderung jeder Kante die Summe aus zwei Grössen, deren erste proportional der Länge der Kante und der zu ihr parallel wirkenden Kraft, deren zweite ebenfalls der Kantenlänge, dann aber noch der zu ihr senkrechten Kraft proportional ist.

Bezeichnen λ_a und λ_b die Längenveränderungen der Kanten a und b, so hat man mithin zu ihrer Bestimmung, unter Voraussetzung verschiedener Elastizität in der Richtung von a und b, die Gleichungen:

$$\lambda_a = a\,\frac{N}{\varepsilon'} - a\,\frac{\tau}{\mu},$$

$$\lambda_b = -\,b\,\frac{N}{\mu'} + b\,\frac{\tau}{\varepsilon}.$$

In diesen Gleichungen sind ε, ε', μ, μ' konstante Grössen, die für jedes Material experimentell zu bestimmen sind.

ε' gibt an, um den wievielten Theil seiner Länge a sich das Prisma unter der Wirkung der zu dieser Längenrichtung parallelen Kraft τ, wenn $\tau = 1$ ist, ändert, und wird bekanntlich Längen- oder Elastizitätsmodul genannt.

μ gibt an, um den wievielten Theil seine auf die Richtung von τ senkrechten Dimension b sich diese unter der Wirkung derselben Kraft ändert, und soll Quermodul genannt werden. In fast allen praktischen Anwendungen der Elastizitätstheorie wird der Quermodul als unendlich gross angenommen, was mitunter zu bedeutenden Fehlern Anlass gibt. So werden z. B. die unter der letzten Annahme gemachten Ableitungen der Lamé'schen Formel, wie selbe Redtenbacher in seinem Maschinenbau, Scheffler in der schon erwähnten Broschüre gibt, für die Bestimmung der Dimensionsänderung eines von aussen und innen gedrückten Cylinders unbrauchbar.

Die Bedeutung von ε und μ' ist nun wohl klar, so wie auch bei gleicher Elastizität in der Richtung von a und b $\varepsilon = \varepsilon'$ und $\mu = \mu'$ wird.

Radien eines zur Cylinderachse senkrechten Schnittes gleiche Veränderungen stattfinden werden.

Man kann sich daher auf die Betrachtung der Veränderungen beschränken, welche in irgend einem Sektor, der einem unendlich kleinen Mittelpunktswinkel entspricht, hervorgebracht werden.

$abcd$ sei das Element eines solchen Sektors vom Mittelpunktswinkel $d\varphi$, in seiner Lage vor Einwirkung der äusseren Kräfte (Seite 223, Fig. 1). r und $r+dr$ seien die Halbmesser der dieses Element begrenzenden Cylinderflächen ab und cd.

Durch die Wirkung der äusseren Kräfte werde dieses Element in die neue Gleichgewichtslage $ABCD$ gebracht.

$abcd$ kann offenbar als ein rechtwinkeliges Parallelepipedum angesehen werden, welches durch die Kräfte N und T, welche gleichförmig vertheilt und normal auf die zu den Kanten ab und bc senkrechten Endflächen desselben wirken, in die neue Gleichgewichtslage $ABCD$ gebracht wird.

Auf die Längenveränderungen der Kanten ab und bc sind daher die in der letzten Note erwähnten Gesetze anzuwenden, wodurch man direkt zu den Gleichungen gelangt:

$$\left.\begin{array}{l} BC - bc = bc\,\dfrac{N}{E} - bc\,\dfrac{T}{\mu} \\[2ex] AB - ab = ab\,\dfrac{T}{E} - ab\,\dfrac{N}{\mu'} \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Aus diesen Gleichungen müssen nun die Grössen AB, ab, BC und bc eliminirt werden.

Zunächst ergibt sich direkt aus der Figur:

$$cd = ab = r\,d\varphi;\; bc = dr.$$

Ferner ist mit Berücksichtigung der gewählten Bezeichnungen, wenn 0 der Mittelpunkt des Zylinderquerschnittes ist:

$$OC = r\,(1+\lambda)$$

und wegen der Stetigkeit der nur von r abhängigen Grösse λ:

$$OB = (r+dr)(1+\lambda+\frac{d\lambda}{dr}\,dr).$$

Daraus ergibt sich durch entsprechende Reduktion:

$$BC = (1+\lambda)\,dr + r\,\frac{d\lambda}{dr}\,dr.$$

Eine leichte Ueberlegung liefert noch die Gleichung:

$$AB = (1+\lambda)\,ab.$$

Durch Substitution der so erhaltenen Werthe in die Gleichungen (1) und durch Bestimmung der Werthe von N und T aus den so erhaltenen Gleichungen ergibt sich:

$$N = a\lambda + br\,\frac{d\lambda}{dr} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

$$T = a_1\lambda + b_1 r\,\frac{d\lambda}{dr} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

In diesen Formeln sind a a_1 b und b_1 zur Abkürzung für leicht zu bestimmende Funktionen von E, E' μ und μ' gesetzt.

Um die unbekannten Grössen N, T und λ bestimmen zu können, ist ausser den Gleichungen (2) und (3) noch eine dritte nothwendig.

Diese erhält man durch Berücksichtigung des äusseren Gleichgewichtszustandes des Elementes $ABCD$.

Dieses Element muss offenbar unter dem Einflusse der auf dasselbe von den Nachbarelementen ausgeübten Wirkungen im ruhenden äusseren Gleichgewichte sein.

Diese Wirkungen der Nachbarelemente sind folgende:

Auf die Fläche CD offenbar die Kraft $N\,r\,d\varphi$.
Auf die Fläche AB, weil N eine stetige Funktion von r sein muss, die Kraft $(N+\frac{dN}{dr}\,dr)\,(r+dr)\,d\varphi$.

Da beide Kräfte gegeneinander wirken, so bleibt als bewegende Kraft in der Richtung des Radius nur

$$\left(N+\frac{dN}{dr}\,dr\right)(r+dr)\,d\varphi - N\,r\,d\varphi$$

welcher Ausdruck unter Vernachlässigung der unendlich kleinen Grössen höherer Ordnung, in

$$\left(r\,\frac{dN}{dr}\,dr + N\,dr\right)d\varphi = \frac{d\,(Nr)}{dr}\,dr\,d\varphi$$

Auf die Flächen AD und BC endlich wirken je die Kräfte $T\,dr$.

Berücksichtigt man nun die gegenseitige Lage dieser Kräfte (Seite 223 Fig. 2), so sieht man leicht, dass das Element $ABCD$ nur im Gleichgewichte sein kann, wenn die Gleichung besteht:

$$T = \frac{d\,(Nr)}{dr} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Dies ist die gesuchte dritte Bedingungsgleichung, welche nun in Verbindung mit (2) und (3) zu den zu bestimmenden Grössen λ, T und N führt.

Eliminirt man zunächst aus Gleichung (4) die Werthe T und N mit Hülfe der Gleichungen (2) und (3), so erhält man zur Bestimmung von λ die Gleichung:

$$r^2 \frac{d^2\lambda}{d r^2} + A r \frac{d\lambda}{d r} + B \lambda = o \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

worin A und B der Abkürzung wegen für leicht zu bestimmende Funktionen von a a_1 b und b_1 gesetzt wurden.

Die Integration dieser linearen Differentialgleichung der 2. Ordnung gibt, unter der Voraussetzung dass $(1 - A)^2 - 4B > o$ ist, ein Fall der im Folgenden immer stattfindet,

$$\lambda = c_1 r^{\frac{1 - A + \sqrt{(1-A)^2 - 4B}}{2}} + c_2 r^{\frac{1 - A - \sqrt{(1-A)^2 - 4B}}{2}}$$

oder durch Einführung einfacher Kürzungen:

$$\lambda = c_1 \, r^{m_1} + c_2 \, r^{m_2} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

c_1 und c_2 sind durch die Integration eingeführte Konstante. Ihre Bestimmung geschieht auf folgende Art:

Substituirt man in Gleichung (2) den eben erhaltenen Werth von λ, so erhält man:

$$N = c_1 (a + b \, m_1) r^{m_1} + c_2 (a + b \, m_2) r^{m_2} \quad \ldots \quad (7)$$

Berücksichtigt man nun, dass in dieser letzten Gleichung für $r = r_0$ resp. r_1, N in $- N_0$, resp. $- N_1$ übergehen muss (das negative Zeichen, weil N_0 und N_1 gegen die Cylinderflächen wirken), so erhält man zwei Bestimmungsgleichungen, aus denen sich leicht die Werthe von c_1 und c_2 ergeben.

Setzt man die so gefundenen Werthe zuerst in die Gleichungen (6) und (7), dann in die durch Elimination von λ umgeänderte Gleichung (3), so erhält man die Grundgleichungen zur Dimensionsbestimmung hydraulischer Presszylinder, die in radialer und darauf senkrechter Richtung verschiedene Elastizität besitzen*).

Ohne diese Gleichungen erst anzugeben, übergehe ich sogleich zu dem einfachern und praktisch wichtigern Fall, wo die Elastizität des Zylinders nach allen Richtungen gleich gross ist.

Es ist für diesen Fall offenbar

$$E = E' \text{ und } \mu = \mu'$$

dadurch erhält man aus den allgemeinen Formeln:

$$m_1 = o; \; m_2 = -2$$

$$a = a_1 = \frac{E \mu (E + \mu)}{\mu^2 - E^2}$$

$$b = \frac{E \mu^2}{\mu^2 - E^2} \quad b_1 = \frac{E^2 \mu}{\mu^2 - E^2}$$

Setzt man noch in den allgemeinen Formeln:

$$\frac{N_1}{N_0} = p; \quad \frac{r_1}{r_0} = n; \quad \frac{r_1}{r} = x; \quad \frac{\mu}{E} = \alpha$$

und die allgemeinen Grundgleichungen übergehen in:

$$\lambda = \frac{N_0}{E(n^2 - 1)} \left[(1 - n^2 p)\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) + \left(1 - p\right)\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) x^2 \right] \quad \ldots\ldots \quad (I)$$

$$T = \frac{N_0}{n^2 - 1} \left[1 - n^2 p + (1 - p) \, x^2 \right] \quad \ldots \quad (II)$$

$$N = \frac{N_0}{n^2 - 1} \left[1 - n^2 p - (1 - p) \, x^2 \right] \quad \ldots \quad (III).$$

Wie schon erwähnt wurde, nehmen Redtenbacher und Scheffler in ihrer Ableitung der Formeln für Zylinderstärken $\mu = \infty$, d. h. sie vernachlässigen die Ausdehnung der Querdimensionen eines Prisma's, welches in seiner Längen-Richtung gedrückt wird.

*) Diese allgemeinen Formeln für die Festigkeit von Zylindergefässen findet man in dem Archive für die Offiziere der königl. preussischen Artillerie- und Ingenieur-Korps, Jahrgang 1865, Heft 3, in einem Aufsatze von mir über künstliche Metallkonstruktionen. — Wenn ich der Einfachheit wegen hier sogleich zu den speziellern Formeln für gleiche Elastizität in den Haupteinrichtungen des Zylinders übergehe, muss ich um so schärfer darauf hinweisen, dass man dieselben auch nur dann benütze, wo die ihnen zu Grunde liegende Voraussetzung in der That ziemlich genau stattfindet. — Theorie und Praxis haben bis jetzt überhaupt den Festigkeitsverhältnissen nach verschiedenen Richtungen viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt, und doch sind die Differenzen derselben oft sehr bedeutend. — So hat z. B. Mallet (englischer Schriftsteller, besonders über Geschützkonstruktionen) gefunden, dass bei sehr grossen massiv geschmiedeten Eisenmassen die Festigkeiten in drei aufeinander senkrechten Richtungen sich wie 1 : 1·8 : 3·2 verhalten haben. — Bei Hölzern sind diese Verschiedenheiten der Festigkeit nach verschiedenen Richtungen ungemein gross; so verhält sich nach Versuchen von Scheffler die Festigkeit in der Richtung der Fasern zu der darauf senkrechten, beim Eichenholz wie 1 : 20, beim Fichtenholz gar wie 1 : 25. Dass unter solchen Verhältnissen die Annahme gleicher Festigkeitsverhältnisse nach den verschiedenen Richtungen zu eben nicht sehr scharfen Resultaten führen wird, bedarf wohl keiner weitern Deduktion.

Da für diesen Fall $\frac{1}{\alpha} = o$ wird, so gelangen sie statt zu der Formel I. zu der Gleichung:

$$\lambda' = \frac{N_0}{E(n^2-1)}\left[1 - n^2 p + (1-p)\, x^2\right] . (8)$$

während die Formeln II und III auch für diese Annahme unverändert bleiben.

Um die Verschiedenheit der Resultate, welche die Formeln (I) und 8 liefern, anschaulicher zu machen, sollen die Werthe verglichen werden, welche beide für die Veränderung des inneren Halbmessers geben, also die Werthe λ_0 und λ'_0. — Man erhält sie aus diesen Gleichungen für $r = r_0$, d. h. für $x = n$, als:

$$\lambda_0 = \frac{N_0}{E}\left(\frac{n^2+1-2n^2p}{n^2-1} + \frac{1}{\alpha}\right);$$

$$\lambda'_0 = \frac{N_0}{E}\left(\frac{n^2+1-2n^2p}{n^2-1}\right).$$

Nach den analytischen Untersuchungen Poisson's ist der Werth $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{4}$, was direkte Versuche von Cagniard la Tour zu bestätigen schienen. Neuere Experimente von Wertheim, Chevandier und Anderen haben jedoch gezeigt, dass, wie es schon a priori wahrscheinlich ist, dieser Werth eine Funktion des Materiales sei, und für Metalle zwischen $\frac{1}{2.5}$ und $\frac{1}{4}$ schwanke.

Diess zeigt, dass der Werth $\frac{1}{\alpha}$ keineswegs gegen $\frac{n^2+1-2n^2p}{n^2-1}$ vernachlässigt werden darf, wenn die Grösse dieses letzteren Ausdrucks zwischen + 1 und — 1 liegt, d. h. wie sich leicht ergibt, die Bedingungen bestehen:

$$p < 1$$
$$p > \frac{1}{n^2}.$$

Ist $\frac{n^2+1-2n^2p}{n^2-1}$ negativ, und numerisch kleiner als $\frac{1}{\alpha}$, so führen sogar die letzten zwei Gleichungen zu ganz entgegengesetzten Resultaten, indem für diesen Fall die erste derselben einen positiven Werth für λ_0 gibt, mithin eine Vergrösserung des inneren Zylinderraumes anzeigt, während nach der zweiten λ'_0 negativ ist, der innere Raum sich also verkleinert haben müsste.

Man wird daher gut thun, in allen Fällen, bei denen die Dimensionsänderungen eines von Innen und Aussen gedrückten Zylinders von Wichtigkeit sind, die ohnediess nicht viel komplicirtere Formel I zu benützen, worin, wo schärfere Versuche mangeln, man für α den Mittelwerth 3 setzen kann.

Nach Aufstellung der allgemeinen Grundformeln für die Festigkeit von Zylindergefässen übergehe ich nun zur näheren Untersuchung des für die Praxis wichtigsten Falles, dass der innere Druck den äusseren so bedeutend überwiegt, dass dieser gegen jenen vernachlässigt, also $p = 0$ gesetzt werden kann.

b) Zylinder unter bloss innerem Druck. Grenzen ihrer Anwendung.

Unter der Voraussetzung, dass der äussere Druck gegen den innern vernachlässigt werden kann, erhält man das Gesetz der Spannung der einzelnen Elemente in tangentialer Richtung, wenn man in Formel II $p = 0$ setzt, als:

$$T = N_0 \frac{1+x^2}{n^2-1} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (\text{II}_a).$$

Aus dieser Gleichung sieht man, dass T gleichzeitig mit x wächst, dass man also T Maximum erhält für x Maximum, also für $x = n$, d. h. für $r = r_0$.

Die Maximalspannung erleiden also die innersten Fasern, und ihr Werth ergibt sich aus (II_a) für $r = r_0$, als:

$$T_0 = N_0 \frac{n^2+1}{n^2-1} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (9).$$

Führt man in diese Gleichung für T_0 jene Spannung ein, der man die innern Fasern ohne Nachtheil aussetzen kann, so gibt sie bei gegebenem N_0 den zugehörigen Werth von n, d. h. die nothwendige Zylinderstärke bei gegebenem inneren Drucke, und umgekehrt gibt sie bei bekanntem n den entsprechenden N_0 Werth, d. h. denjenigen Druck, dem ein Zylinder von gegebenen Dimensionen ausgesetzt werden darf*).

*) Ueber die Wahl der grössten zulässigen Spannung der Fasern, so wie über jene des sogenannten Sicherheitskoeffizienten, werde ich meine Ansicht, die von der gegenwärtig herrschenden ziemlich abweicht, in so weit dies der Raum zulässt, im III. Abschnitte auseinandersetzen. Hier werde ich auch, um nicht früher den Zusammenhang der Hauptuntersuchung zu unterbrechen, Einfluss und Form des Bodenverschlusses und die Stärke der Presscylinder in der Richtung ihrer Achse besprechen.

Dieser letztere Fall soll hier nun zunächst untersucht werden.

Aus Gleichung (9) ergibt sich:

$$N_0 = T_0 \frac{n^2-1}{n^2+1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10).$$

Hieraus folgt das Aenderungsgesetz zwischen N_0 und n, als:

$$\frac{dN_0}{dn} = T_0 \frac{4n}{(n^2+1)^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11).$$

Die einfache Ansicht dieser letzten Gleichung zeigt, dass der Werth $\frac{dN_0}{dn}$ fortwährend positiv ist, gleichzeitig aber mit dem Wachsen von n rasch abnimmt, d. h. es wächst wohl, wie es an sich klar ist, N_0 fortwährend mit n, aber die Vergrösserungen von N_0, die gleichen Zunahmen von n entsprechen, nehmen schnell ab, und sind für grössere Werthe von n nahezu Null.

Seinen Maximalwerth erreicht N_0, wie Gleichung 11 zeigt, für $n = \infty$, mithin wenn

$$N_0 = T_0$$

wird, d. h.: der grösste Normaldruck, welchen ein Zylinder selbst bei unendlich grosser Metallstärke auszuhalten vermag, wenn die Spannung der Fasern eine gewisse Grösse T_0 nicht überschreiten soll, ist dieser letzteren Grösse selbst gleich.

Das ist das theoretische Maximum, das praktische liegt bedeutend tiefer. — Die folgende Tabelle I und die Figur 3, in der die Resultate der Tabelle veranschaulicht sind, wird diess erläutern.

Die Tabelle I enthält in der 2. Rubrik die Werthe von N_0, in der dritten die Kubikinhalte der Zylinder (bei der Länge Eins), welche dem in der 1. Rubrik stehenden n Werthe entsprechen. — In der 4. Rubrik sind die Zuwächse von N_0 angegeben, welche beim Uebergang von einer Zylinderstärke zur folgenden jeder Kubikeinheit der Massenzunahme entsprechen.

In Figur 3 sind als Abscissen die den verschiedenen n Werthen der Tabelle entsprechenden Metallstärken ($r_0 = 1$ genommen) aufgetragen. — Die Ordinaten der Kurve *ABCDE* sind die zugehörigen Werthe von N_0, die Ordinaten der Kurve *abcde* hingegen die entsprechenden in der 3. Rubrik der Tabelle enthaltenen Grössen. — (Für die Ordinaten beider Kurven ist $T_0 = 1$ gesetzt und zugleich der Masstab der Ordinaten von *abcde* zehnmal grösser als jener der Kurve *ABCDE*.)

Tabelle I.

Verhältniss des inneren zum äusseren Halbmesser	Grösse des zulässigen inneren Druckes = N_0	Zunahme von N_0 für jede Einheit der Zunahme an Masse	Kubikinhalt des Cylinders bei der Länge Eins
1,5	0,38 τ_0	0,091 τ_0	3,93
2,0	0,60 τ_0	0,040 τ_0	9,42
2,5	0,72 τ_0	0,017 τ_0	16,50
3,0	0,80 τ_0	0,009 τ_0	25.12
3,5	0,85 τ_0	0,005 τ_0	35,37
4,0	0,88 τ_0	0,003 τ_0	47,10
∞	1,00 τ_0	0,000 τ_0	∞

Tabelle und Figur zeigen nun deutlich, wie mit dem Wachsen von n die dadurch ermöglichte Vergrösserung des inneren Druckes rasch abnimmt, und in noch grösserem Masse die Stärkezunahme, die der Kubikeinheit Massenvermehrung entspricht. — Während man bei Vermehrung der Zylinderstärke von $n = 1{\cdot}5$ auf $n = 2$, für jede Kubikeinheit der gleichzeitigen Massenzunahme 0,04 T_0 an innerem Drucke gewinnt, ist dieser letztere Gewinn beim Uebergang von $n = 2$ auf $n = 2{,}5$ nur mehr 0,017 T_0.

Bedeutender Zunahme der Metallmasse entspricht also, wenn n den Werth 2 überschreitet, nur mehr eine sehr geringe Vergrösserung der Stärke des Cylinders, der bei etwas bedeutenderer Grösse des inneren Halbmessers noch dadurch bedeutend herabgemindert wird, ja vielleicht ganz verloren geht, dass mit dem Wachsen der Dimensionen grosser Gussstücke oder Schmiedeisenmassen deren Festigkeit bedeutend abnimmt.

So ist nach Versuchen von Kirkaldy*) die mittlere Festigkeit grösser, massiv geschmiedeter Wellen etwa 42.000 Pfd. (auf den Quadratzoll), jene guter schmiedeiserner Panzerplatten gar nur gegen 37.000 Pfund, während die Barren, aus denen diese grossen Massen gebildet wurden, eine mittlere Festigkeit von mehr als 50.000 Pfund haben. — Die Differenz zwischen

*) Results of an experimental inquiry into the comparative tensile strength and other proprieties of various kind of wrought iron and steel. Glasgow, 1862. — Dieses vortreffliche Werk, welches eine ungeheuere Zahl von Versuchen mit den verschiedensten Schmiedeisen- und Stahlgattungen enthält, ist jedem Techniker zu empfehlen, der sich in der Festigkeitslehre auf eigene Füsse stellen will.

der Festigkeit grosser und kleiner Gusseisenmassen ist noch bedeutender und beträgt zuweilen über 40%.

Besonders nachtheilig und schwächend wirken bei grossen Guss- und Schmiedmassen die durch ungleiche Abkühlung der Oberfläche und des Innern hervorgerufenen Spannungen und Pressungen, wie sie beim gewöhnlichen Gussverfahren und der bisher vorzüglich angewendeten Bildungsweise grosser Schmiedeisenstücke entstehen.

Es ist daher ganz gut möglich, dass man durch bedeutende Vermehrung der Masse statt der geringen theoretischen Festigkeitszunahme eine Verminderung des Widerstandsvermögens gegen inneren hydrostatischen Druck herbeiführt.

Bei hydraulischen Presszylindern, deren innerer Durchmesser schon nahe 1 Schuh ist, soll man daher den Werth $n=2$ nie überschreiten, wo möglich darunter bleiben, und die nothwendige grössere Widerstandskraft durch Wahl eines stärkeren Materiales, oder durch die Anwendung der sogenannten künstlichen Metallkonstruktion, deren Principien ich gleich erörtern werde, zu erreichen suchen.

Dem Werthe $N=2$ entspricht aber der Werth $N_0=0.6\,T_0$, d. h. der grösste zulässige hydrostatische Druck, bei Presszylindern, die aus einer homogenen Masse bestehen, ist ungefähr $^3/_5$ jener Spannung, welche man für die innern Fasern als zulässig annimmt.

Stimmt man z. B. der Ansicht vieler tüchtiger Techniker bei, dass die höchste Anstrengung, der Konstruktionen dauernd ausgesetzt werden dürfen, den halben Werth der Elastizitätsgrenze nicht überschreiten soll, so würde sich als grösster hydrostatischer Druck, dem homogene Presscylinder ausgesetzt werden dürfen, $^1/_3$ des sogenannten Tragmoduls oder Koeffizienten der stabilen Zugfestigkeit ergeben. — Da geringe Formänderungen aber bei den Zylindern hydraulischer Pressen von weniger Einfluss sind, so wird man als praktische Tragkraft meist ganz gut $^3/_4$ des Tragmoduls nehmen können, wodurch der grösste zulässige hydrostatische Druck $^4/_9$ oder etwa die Hälfte des Tragmoduls ergibt.

Auf Grund dieser letzteren Annahme ist die Tabelle II entworfen, welche die höchsten hydrostatischen Pressungen angibt, die für Zylinder aus den verschiedenen Materialien zulässig sind:

Tabelle II.

Material	Höchster zulässiger hydrostatischer Druck = $^4/_9$ Tragmodul			Anmerkung.
	auf den ▢ MM. Kilogr.	auf den ▢ Zoll Pfunde	in Atmosphären	
Sehr guter Gussstahl aus den Fabriken von Krupp und Jakson, Petin et Gaudet	22	44500	3200	Nach Versuchen mit Rohgussstahlstangen von 10 MM. Seite und 2,6 M. Länge (Morin).
Englisches Schmiedeisen bester Qual.	8	16200	1200	Versuche mit Barren v. 135,39 ▢ MM. Querschnitt (Hodgkinson).
Gutes englisches Gusseisen	3	6100	440	Versuche mit Barren von 6,45 ▢ CM. Querschnitt (Hodgkinson).

Noch ungünstigere Verhältnisse, als man sie unter Rücksichtnahme auf die Formänderung erhält, finden statt zwischen dem Wachsthum der Zylinderstärke und dem der Metallmasse, dann für das Maximum des hydrostatischen Druckes, wenn man die Sicherheit gegen den Bruch berücksichtiget.

Zum Beweise führen wir einige sehr interessante Versuche an, welche im Jahre 1844 in den Vereinigten Staaten von Nordamerika zur Erprobung der Festigkeit gusseiserner Geschütze gegen Wasserdruck vorgenommen wurden.

Die Tabelle III enthält die Resultate dieser Versuche:

Diese Versuche zeigen deutlich, dass auch das Widerstandsvermögen gegen den Bruch durch Vermehrung der Masse umsoweniger gewinnt, je grösser

Tabelle III.

Innerer Durchmesser $= r_0$	Aeusserer Durchm. $= r_1$	$n = \frac{r_1}{r_0}$	Absolute Festigkeit oder Bruchkraft à □ Zoll	Bruchbelastung oder Druck, bei dem das Rohr sprang	Verhältniss der Bruchbelastung z. Bruchkraft
5 Zoll	10,0 Zoll	2,00	23,826 Pfunde	7841 Pfunde	0,329
5 „	13,1 „	2,62	19,343 „	5590 „	0,273
3,5 „	5,3 „	1,50	28,946 „	10802 „	0,742
3,5 „	7,0 „	2,00	28,946 „	17424 „	0,602

diese letztere bereits ist. Ferner sieht man das rasche Abnehmen der Festigkeit gegen inneren Druck bei Vergrösserung der Gussstücke unter sonst nahezu gleichen Verhältnissen.

So hielt das Rohr des 4. Versuches mehr als den 2fachen innern Druck wie das des ersten Versuchs aus, und doch haben beide gleiche Durchmesserverhältnisse und ihr Material eine verhältnissmässig nur geringe Verschiedenheit ihrer absoluten Festigkeiten.

Das Eisen im 1. und 2. Falle ist guter Qualität und doch sprang der 1. Cylinder mit einem Werthe von $n = 2$ schon bei etwa 8000 Pfund, der 2. Cylinder mit $n = 2{\cdot}6$ gar schon bei kaum 6000 Pfd., also bei einem Drucke, der unter dem von uns gegebenen Maximum liegt.

Diese Schwäche grosser Gusseisencylinder hat sich auch vielfach bei Verwendung hydraulischer Pressen gezeigt. So sprangen alle Presszylinder, die beim 1. Versuche des Stapellaufes des Leviathan verwendet wurden, trotzdem dieselben bei einer inneren Weite von 10" und der Wandstärke von $7\frac{1}{2}$ Zoll nur einen Druck von etwa 10000 Pfd. pro Quadratzoll auszuhalten hatten.

Man wird daher gut thun die früher angegebenen Maximalwerthe nicht zu überschreiten, bei grossen Gusseisenzylindern aber, wo möglich, noch unter dem Drucke von 6000 Pfund pro Quadratzoll zu bleiben.

Bis in die letzte Zeit war Gusseisen ziemlich das einzige Material, welches zur Herstellung von Presszylindern verwendet wurde. Höchstens wendete man noch hie und da zur Verstärkung Reifen aus Schmiedeeisen an. — Die ungeheure Vervollkommnung, welche in den letzten Jahren der Guss grosser Stahlmassen, besonders in den Etablissements von Krupp und der Comp. Bochum in Rheinpreussen, dann in den grossartigen Eisenwerkstätten von Naylor, Wickers und Compagnie in Sheffield, erreicht hat, erlauben nun die grössten Presszylinder homogen aus Gussstahl zu erzeugen. — Besonders ist dazu das in den zwei letzten Etablissements befolgte Verfahren geeignet, indem daselbst der Gegenstand unmittelbar in der Form gegossen wird, welche er zu erhalten hat, und das fertige Gussstück, ohne erst, wie bei den Massivgüssen von Krupp noch lange unter schweren Dampfhämmern bearbeitet zu werden, einfach angelassen wird, um den entsprechenden Härtegrad der Oberfläche zu erreichen.

So vorzüglich die so erzeugten Zylinder auch sind, so ist ihre Anwendung doch noch eine sehr beschränkte, da der Umstand, dass die Erzeugungsweise eines vorzüglichen Homogenstahles und die Leitung seines Gusses in grossen Massen bis jetzt Geheimniss und Privilegium weniger Fabrikanten ist, den Preis dieser Gussstücke verhältnissmässig sehr hoch lässt, und die Konzentration dieser Fabrikation auf wenige Orte an sich schon ein bedeutendes Hinderniss einer ausgebreitetern Verwendung bildet.

Die rasche Ausbreitung und Vervollkommnung des Bessemer-Verfahrens, die grossartigen Versuche, welche gegenwärtig in ganz Deutschland, in Frankreich, England, Amerika und besonders in Russland zur Gewinnung eines guten und billigen Gussstahls und zur Auffindung eines rationellen Gussverfahrens gemacht werden, lassen hoffen, dass die Technik in Baldem die ausgedehnteste Anwendnng von diesem vorzüglichen Materiale wird machen können.

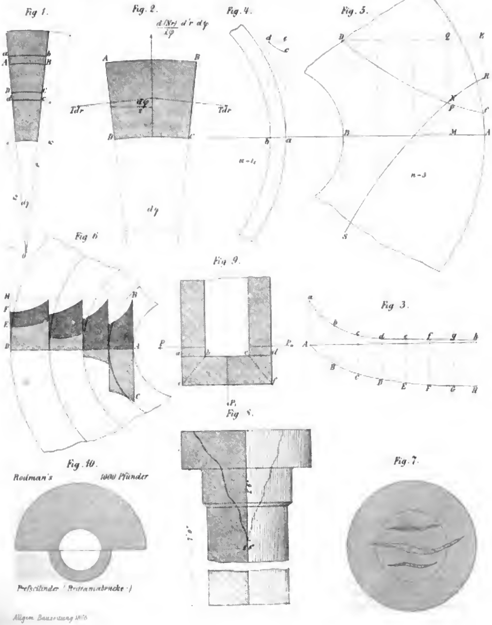
Ich übergehe nun zur Auseinandersetzung derjenigen Prinzipien, welche die Ueberschreitung der oben für jedes Material festgesetzten Grenzen erlauben, und welche zugleich ermöglichen, durch Verbindung verhältnissmässig geringer Massen eines sehr widerstandsfähigen Materiales mit einem weit schwächeren, eine Widerstandskraft zu erreichen, welche weit grösser ist als das dem letzteren Materiale für einen Homogenzylinder entsprechende Maximum.

aulischer Pressen.

oder / das / r	Verhältniss der Bruchbelastung z. Bruchzeit
de	0,329
	0,273
	0,742
	0,609

r homogen aus Gusstahl zu e
ist dazu das in den zwei letzte
e Verfahren geeignet, indem da
l unmittelbar in der Form ge
er zu erhalten hat, und das fe
erst, wie bei den Massigtheilen
e unter schweren Dampfhäm
rden, einfach angelassen wird
n Härtegrad der Oberfläche zu

e so erzeugten Zylinder auch
ldung doch noch eine sehr le
tand, dass die Erzeugungsweise
mogenstahles und die Leitung
n Massen bis jetzt Geheimniss
er Fabrikanten ist, den Preis
ältnissmässig sehr hoch hält,
dieser Fabrikation auf wenige
bedeutendes Hinderniss einer
dung bildet.
itung und Vervollkommnung
s, die grossartigen Versuche
ns Deutschland, in Frankreich
besonders in Russland zur
und billigen Gusstahls und
ationellen Gussverfahrens ge
ffen, dass die Technik in Ba
Anwendung von diesem ne
l machen können.
zur Auseinandersetzung der
he die Ueberschreitung der
festgesetzten Grenzen erlau
ermöglichen, durch Verbi
geringer Massen eines sehr
riales mit einem weit schwä
skraft zu erreichen, welche
dem letzteren Materiale für
ntsprechende Maximum.



c) **Die Prinzipien der veränderlichen Elastizität und der sogenannten künstlichen Metallkonstrukzion.**

Der Grund der Schwäche des Homogenzylinders ist die Abnahme der Spannung in den verschiedenen Ringschichten, wodurch die inneren Theile bereits bis zur Elastizitätsgrenze angestrengt sind, während die äusseren noch weit von dem Widerstande entfernt sind, den sie zu leisten vermögen. — Diese Differenz der Anstrengung der innern und äussern Metallschichten wächst rasch mit der Zunahme von n, und diess ist der Grund der verhältnissmässig geringen Leistung starker Zylinder im Vergleiche mit bedeutend schwächeren.

Das Gesetz der Abnahme der Spannungen mit der Entfernung der Ringschichten von der Achse erhält man am übersichtlichsten durch Elimination des Werthes von N_0 aus der Gleichung (II_a) mittels der Gleichung (10), als:

$$T = T_0 \frac{1+x^2}{1+n^2} \quad \ldots\ldots \quad (12).$$

Wären alle Ringschichten gleich gespannt, so wäre offenbar der Widerstand des Zylinders gegen Längenaufreissung bei der Spannung T_0

$$W^1 = 2 r_0 T_0 (n-1 \quad \ldots\ldots \quad (13).$$

In Wirklichkeit ist aber der Widerstand, welchen eine in der Entfernung r liegende Ringschichte von der Stärke dr in dem Augenblicke leistet, wo die innern Fasern die Spannung T_0 erleiden, nur $T dr$.

Der wirkliche Widerstand des Zylinders gegen Längenaufreissung ist also bei der Anstrengung T_0 der innersten Ringschichte

$$W_2 = \int_{r_0}^{r_1} T_0 \frac{1+x^2}{1+n^2} dr,$$

oder wenn man für x seinen Werth $\frac{r_1}{r}$ einsetzt und die Integrazion ausführt,

$$W_2 = 2 r_0 T_0 \frac{n^2-1}{n^2+1} \quad \ldots\ldots \quad (14).$$

Nennt man das Verhältniss des Widerstandes, welchen der Zylinder bei gleicher Anstrengung aller Theile leisten würde, zu dem, welchen er wirklich der Längenaufreissung entgegensetzt, den **Nutzeffekt** des Zylinders, und bezeichnet ihn mit k, so hat man durch Division von (13) und (14)

$$k = \frac{n+1}{n^2+1} \quad \ldots\ldots \quad (15),$$

d. h. der **Nutzeffekt eines homogenen Zylinders ist eine Funkzion des Verhältnisses des innern zum äussern Halbmesser und nimmt mit dem Wachsen dieses Verhältnisses rasch ab.**

So ist für $n = 1{,}1$, $k = 0{,}95$; für $n = 3$ nur mehr $k = 0{,}4$, d. h. während im 1. Falle noch 95 Prozent des Widerstandsvermögens erhalten werden, ist der Nutzeffekt im 2. Falle nur mehr 40 Prozent.

Fig. (4) und (5) werden diese Verhältnisse versinnlichen. — Die Ordinaten der Kurven cd und CD stellen die Spannungen der durch ihre Fusspunkte gehenden Ringschichten zweier Zylinder vor, deren erster $n = 1.1$, der zweite $n = 3$ hat. Die Rechtecke $abcd$ und $ABED$ stellen offenbar das Widerstandsvermögen der Zylinder vor, wenn alle Fasern gleich gespannt wären, die Flächen $abcd$ und $ABCD$ dagegen geben den wirklichen Widerstand an. — Ein Vergleich beider Figuren zeigt deutlich das rasche Abnehmen des Widerstandes der äussern Schichten, so wie des Nutzeffektes mit dem Wachsen von n.

Das Prinzip der veränderlichen Elastizität und der sogenannten künstlichen Metallkonstrukzion hat nun den Zweck: **Zylinder von möglichst grosser Widerstandskraft zu erzeugen, in welchen im Momente der höchsten zulässigen inneren Spannung alle Fasern gleichmässig angestrengt werden, daher der Nutzeffekt gleich Eins wird.**

1. **Das Prinzip der veränderlichen Elastizität.** — Bei einem Homogenzylinder sind die einzelnen ihn bildenden Ringschichten um so weniger beansprucht, je weiter sie vom Zentrum entfernt sind, wodurch hervorgebracht wird, dass die innersten Schichten bereits an der Grenze ihres Widerstandsvermögens angelangt sind, während die äussern noch weit davon entfernt sind.

Nimmt man aber nun statt eines homogenen Rohres ein aus mehreren konzentrischen Schichten gebildetes, deren Elastizität verschieden ist, so ist es dadurch möglich Rohre zu erzeugen, die bei gleicher oder sogar höherer Widerstandskraft einen bedeutend grösseren Nutzeffekt geben.

Könnte man z. B. ein Rohr aus unendlich dünnen Schichten bilden, deren Elastizitätsmodul konstant ist, deren Tragmodul sich aber eben so ändert wie der

Werth von T, so würde ein solcher Zylinder dieselbe Widerstandskraft haben wie ein Homogencylinder von gleicher Metallstärke, dessen Elastizitäts- und Tragmodul gleich dem der innersten Schichte des erstern ist, während der Nutzeffekt im ersten Falle gleich Eins ist. — Ohne an Widerstandskraft zu verlieren, kann man also die äusseren Theile aus schwächern, und daher auch im allgemeinen aus billigeren Materialien bilden.

Das Prinzip der veränderlichen Elastizität besteht nun darin: Die Zylinder aus konzentrischen Schichten zu bilden, deren Elastizität derart verschieden ist, dass Widerstandskraft und Nutzeffekt in möglichst günstigem Verhältniss stehen.

Dieses Prinzip unterscheidet sich von dem folgenden, mit ihm den gleichen Zweck anstrebenden wesentlich dadurch, dass die Rohrtheile weder einer Spannung noch Pressung unterliegen, wenn der innere Druck aufhört.

2. Das Prinzip der künstlichen Metallkonstruktion. — Bis jetzt wurden nur Zylinder betrachtet, in denen die einzelnen Fasern, wenn die Wirkung des innern Druckes aufhört, weder gespannt noch gepresst sind, d. h. Zylinder, welche, wie man diess jetzt häufig auszudrücken pflegt, ihre natürliche Metallkonstruktion besitzen.

Ein Zylinder kann nur ein grösseres und in allen Theilen gleichförmiges Widerstandsvermögen gegen innern Druck erhalten, wenn man ihn aus konzentrischen Schichten bildet, die schon vor Wirkung der äusseren Kraft gewissen Anstrengungen unterliegen. — Es ist leicht zu erklären, dass diess möglich ist. — Man denke sich nur auf irgend eine Art die äussern Schichten gespannt und dadurch die innern zusammengepresst. — Offenbar können nun die gepressten Schichten einem grössern hydrostatischen Drucke Widerstand leisten, und die äusseren Schichten werden diesem grösseren Drucke trotz ihrer Inizialspannung auch noch widerstehen, wenn diese letztere gewisse Grenzen nicht überschritten hat.

Man sagt nun, ein Zylinder, dessen Fasern schon ursprünglich Spannungen und Pressungen unterliegen, um seine Widerstandskraft zu erhöhen, besitze eine künstliche Metallkonstruktion, und unter dem Prinzipe der letzteren versteht man die Gesetze, nach denen diese Anstrengungen geregelt werden müssen, um Widerstandskraft und Nutzeffekt auf ein Maximum zu bringen.

Aufgabe der künstlichen Metallkonstruktion bei Presszylindern ist nun:

Durch Verminderung des Widerstandsvermögens der äussern Fasern gegen den Zug, also durch Spannung derselben, eine Zusammenpressung der innern Schichten hervorzubringen, derart, dass durch den hydrostatischen Druck gleichzeitig in allen Fasern die höchste zulässige Spannung erreicht, mithin der Nutzeffekt gleich Eins wird.

Die ursprüngliche Anstrengung in den aufeinander folgenden konzentrischen Schichten des Rohres muss also durch eine Kurve RNS (Fig. 5) dargestellt werden können, in der die negativen Ordinaten die Pressungen, die positiven Ordinaten die Spannungen der durch ihre Fusspunkte gehenden Schichten ausdrücken, wobei die Grösse dieser Ordinaten bestimmt ist durch die Bedingung, dass im Momente des höchsten Druckes die Summe aus den durch diese Ordinaten repräsentirten Anstrengungen und den durch den hydrostatischen Druck erzeugten Spannungen sich in jeder Schichte auf die höchste zulässige Faserspannung ergänzen.

Die Kurve RS ist nun nach dieser Bedingung leicht zu zeichnen. — Ist nämlich wieder T die durch den innern Druck in der Schichte M erzeugte Spannung, so muss in Folge des Gesagten die Gleichung bestehen:

$$T + MN = T_0$$

oder es muss wie die Figur zeigt, sein:

$$T = NQ$$

d. h. die Entfernungen der Punkte der Kurve RS von den Geraden ED sind gleich den durch den hydrostatischen Druck erzeugten Spannungen, folgen also dem Gesetze:

$$T = (P_0 + T_0)\frac{1 + x^2}{1 + n^2} \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

worin P_0 die ursprünglich in der innersten Schichte vorhandene Pressung BS bedeutet.

Dass der theoretische Nutzeffekt nun gleich Eins ist, ist klar.

Ich gehe nun zur näheren Untersuchung des Prinzips der veränderlichen Elastizität und den künstlichen Metallkonstruktionen und zu ihrer praktischen Verwerthung über.

Die nöthigen Rechnungen werde ich nur in so weit skizziren, dass der Weg vorgezeichnet ist, auf dem die zu suchenden numerischen Resultate gefunden werden können. Näheres über Letzteres im 3. Abschnitt.

II.

a) Das Prinzip der veränderlichen Elastizität.

Das Wort „Elastizität" wird in der Festigkeitslehre von verschiedenen Technikern oft in sehr verschiedenem Sinne gebraucht; es ist daher vorerst nöthig, dass ich angebe, was ich unter den darauf Bezug nehmenden Benennungen meine.

Ich verstehe unter Grad der Elastizität oder Härte eines Körpers dessen Ausdehnung unter bestimmtem Gewichte innerhalb der Elastitätsgrenze, unter Umfang der Elastizität oder Tragkraft jene Anstrengung, bei der der Körper seine Elastizitätsgrenze erreicht, unter Elastizität selbst endlich jene Arbeit, welche nöthig ist, um den Körper bis zu seiner Elastizitätsgrenze anzustrengen.

Der Elastizitätsgrad oder die Härte eines Körpers wird sonach durch den reziproken Werth seines Elastizitätsmoduls, sein Elastizitätsumfang oder seine Tragkraft durch seinen Tragmodul, und seine Elastizität durch das Produkt des Quadrates seines Tragmoduls in seine Ausdehnung an der Elastizitätsgrenze gemessen.

Um nun über das Gesetz, nach welchem sich die Elastizität der einzelnen Schichten eines Zylinders zu ändern hat, um dessen Widerstandskraft und Nutzeffekt im Vergleiche mit einem Homogenzylinder von derselben Stärke zu erhöhen, leicht in's Klare zu kommen, ist es am besten, zuerst getrennt den Einfluss zu betrachten, welchen auf die letztgenannten Werthe die blosse Aenderung des Tragmoduls oder des Elastizitätsmoduls ausübt.

Die Formel (12) für den Werth der Spannungen in den einzelnen Schichten eines homogenen Zylinders wurde erhalten ohne Rücksichtnahme auf die Tragkraft dieser Schichten, unter blosser Voraussetzung gleichen Elastizitätsgrades derselben. — Sie zeigt zugleich, dass diese Spannungen unabhängig von dem Elastizitätsgrade, und bloss eine Funkzion des Tragmoduls der innersten Schichte sind.

Diess führt zu folgenden Schlüssen:

1. Gleichmässige Aenderung des Elastizitätsgrades durch die ganze Masse eines Zylinders ist ohne Einfluss auf dessen Festigkeit und Nutzeffekt.

2. Die alleinige Vermehrung der Tragkraft äusserer Schichten, lässt die Festigkeit des Zylinders ungeändert und vermindert seinen Nutzeffekt.

3. Die Festigkeit äusserer Schichten kann ohne Schwächung des Zylinders herabsinken bis zu den durch Gleichung (12) gegebenen Spannungen. Der Nutzeffekt wird offenbar gleich Eins, wenn der Tragmodul jeder Schichte gleich der in ihr entstehenden Spannung ist.

Der Punkt (3) erlaubt nun eine sehr nützliche praktische Anwendung, auf die wir näher eingehen müssen. — Er zeigt nämlich, dass zur Bildung eines Zylinders, der einer bestimmten Spannung innen widerstehen kann, es keineswegs nothwendig sei, den ganzen Zylinder aus einem Materiale zu bilden, dessen Tragmodul gleich dieser Spannung ist, sondern dass man die äusseren Schichten aus bedeutend schwächerem, im Allgemeinen also auch bedeutend billigerem Materiale herstellen kann.

Welche Vortheile diess bringt, soll ein Beispiel zeigen.

Es sei ein Zylinder zu konstruiren, der einem innern hydrostatischen Drucke von 12.000 Pfund pro Quadratzoll Widerstand leistet. — Bildet man den ganzen Zylinder aus Schmiedeisen, dessen Tragmodul 24.000 Pfund ist, und lässt man eine innere Spannung von $^2/_3$ des Tragmoduls zu, so müsste er das Verhältniss von nahezu $n = 3$ erhalten. — Die Spannung, welche unter diesen Verhältnissen in der Schichte entsteht, welche um $0.5 r_0$ von der inneren Zylinderoberfläche entfernt ist, ergibt sich aus (12), wenn man daselbst $x = 2$, $n = 3$ und $T_0 = 16000$ setzt, als:

$$T = 8000 \text{ Pfund.}$$

Dieses ist aber eine Spannung, welche gutes Gusseisen bei gleicher Sicherheit, wie sie für das Schmiedeisen genommen wurde, permanent ertragen kann. —

26 *

Der ganze äussere Theil, dessen Stärke $1.5r_0$ und dessen Masse $^8/_9$ von der des ganzen Zylinders beträgt, kann also aus Gusseisen gebildet werden.

Die Stärke dieses Doppelzylinders ist theoretisch ebenso gross wie die des einfachen Schmiedeisenzylinders, praktisch aber entschieden grösser, wenn man den Festigkeitsverlust bei grossen geschmiedeten Massen berücksichtigt. — Dass die Kosten des erstern Zylinders, ganz abgesehen von der Ersparniss an Materialwerth bedeutend geringer als die des zweiten sind, besonders bei grossem innern Durchmesser, ist Jedem klar, der die mit Herstellung grosser Schmiedstücken verbundenen Schwierigkeiten und den enormen Aufwand an Arbeitskraft kennt.

Diese hier angedeutete Verbindung von Gusseisen mit Schmiedeisen findet gegenwärtig eine ziemlich ausgedehnte Anwendung zur Verstärkung alter Gusseisengeschütze, indem man ihre innere Bohrung erweitert und sie dann mit Schmiedeisenröhren füttert. Die erste Anwendung hievon machte der englische Major Palliser 1854. Bei Konstrukzion hydraulischer Pressen hat sie aber noch lange nicht die Beachtung gefunden, welche sie ihres grossen praktischen Werthes wegen verdient.

Aber selbst wenn man nur Gusseisen verwendet, kann man auf analoge Art sehr starke Zylinder erzeugen. — Es ist nämlich wie bekannt möglich, durch mehrmaliges Umschmelzen des Gusseisens, besonders des weichen grauen, die absolute Festigkeit desselben zu erhöhen. Die Tabelle IV zeigt, in welch' bedeutendem Grade dies stattfinden kann. — Die Eisensorten 2 und 3 sind weiches, graues Roheisen. — Die mit Nr. 1 angestellten Versuche sind Angaben des amerikanischen Majors Wade, die Resultate in Nr. 2 von dem bekannten Ingenieur Colhurn. — Die Versuche mit dem Eisen Nr. 1, welches ein groh kristallinisches und nicht besonders festes Spiegeleisen war und die ich des Vergleiches mit den andern Sorten wegen angebe, sind von Fairbairn gemacht.

Tabelle IV.

Zahl der Umschmelzungen		Spezif. Gewicht	Transversello Festigkeit	Spezif. Gewicht	Absolute Festigkeit à □" in Pfunden		Anmerkung
Nr. 1	Nr. 2 u. 3	Nr. 1		Nr. 2		Nr. 3	
1	1	6,969	490,0 Pf.	7,032	15,129	18,000	Die transversello Festigkeit ist hier die mittlere Bruchbelastung einer 5' langen Stange mit 1"×1" Querschnitt.*)
6	2	6,771	438,7 „	7,086	21,344	26,000	
12	3	7,160	692,1 „	7,198	30,107	36,000	
18	4	7,385	312,7 „	7,301	35,786	40,000	

Das Spiegeleisen verhielt sich sehr unregelmässig, nahm anfangs mit der Zahl der Umschmelzungen an Festigkeit ab, erreichte erst hei der 12 Umschmelzung sein Maximum, um dann rasch wieder schwächer zu werden. — Dagegen zeigen die weichen amerikanischen Eisensorten eine bedeutende Kraftzunahme, die für unsern Zweck die vortheilhafteste Benützung zulässt. — Wie hoch durch sorgfältige Gattirung und durch mehrmaliges Umschmelzen die Festigkeit des Gusseisens gebracht werden kann, zeigt eine Angabe des amerikanischen Oberst Delafield, nach welcher das Eisen eines in einer Newyorker-Giesserei erzeugten Geschützes die absolute Festigkeit von 49.496 Pfund pro Quadrat-Zoll, also die Festigkeit guten Schmiedeisens hatte. *) —

Solches festes Gusseisen wurde bisher zur Erzeugung von Presszylindern nicht verwendet. Die Ursachen waren einmal die bedeutenden Kosten, die das mehrmalige Umschmelzen bedeutender Eisenmassen verursacht, und dann der Umstand, dass dieses dichte feste Gusseisen seiner stärkeren Zusammenziehung wegen sich bei dem üblichen Gussverfahren nicht gut zum Guss grosser Massen verwenden liess. —

Die bedeutenden Fortschritte, welche das Giessen grosser Stücke in letzter Zeit gemacht hat, besonders

*) On the application of cast and wrought-iron to building purposes. By William Fairbairn. — Second Edition.

*) Journal des armes speciales: „Traité d'artillerie et cuirasses par Holley, Ingenieur américain. 1865."

die Anwendung des Rodman'schen Kerngusses *) erlauben nun aber ganz gut die Verwendung dieser festen Sorten zum Guss von Presszylindern, umsomehr als man durch die Theilung desselben in konzentrische Schichten es nur immer mit verhältnissmässig dünnwandigen Stücken zu thun hat.

Die Umschmelzungskosten sind bei Anwendung konzentrischer Theile auch von weniger Bedeutung, da jâ nur ein geringer Theil des ganzen Zylinders aus diesem kostspieligeren Materiale zu bestehen hat. — Ueberdiess wäre es vielleicht möglich, durch eine Modifikazion des Bessemerverfahrens die theilweise Redukzion des Kohlenstoffes, auf der die Festigkeitszunahme des Gusseisens grossentheils beruht, rascher und billiger zu erreichen als durch das mehrmalige Umschmelzen.

Sehr gut dürfte sich für die innerste Röhre auch das sogenannte zähe Gusseisen (toughened iron) verwenden lassen, eine von Mories Stirling vorgeschlagene Mischung von Gusseisen mit etwa 15 Prozent Schmiedeeisen, welche bei Versuchen mit daraus verfertigten Trägern in England recht gute Resultate gab.

Es dürfte so gelingen, mit verhältnissmässig geringer Kostenerhöhung den Gusseisenzylinder auch noch für Pressungen verwenden zu können, die nahe an der für Schmiedeeisenzylinder gegebenen Grenze stehen. —

Nachdem wir die Wirkung der blossen Veränderung des Tragmoduls kennen gelernt haben, soll nun untersucht werden, welchen Einfluss die Veränderung des Elastizitätmoduls auf Nutzeffekt und Widerstandskraft ausübt.

Wächst der Elastizitätsmodul oder die Härte der äusseren Schichten, so werden sich dieselben bei gleichem inneren Drucke weniger ausdehnen, und daher werden auch die inneren Schichten nicht so viel erweitert werden können, als wenn ihr Elastizitätsmodul auch der der äussern Theile wäre, d. h. der Widerstand, welchen äussere Schichten der Ausdehnung der innern entgegensetzen, oder was dasselbe ist, der Normaldruck welcher zwischen denselben durch die Wirkung des hydrostatischen Druckes entsteht, wächst, wenn die Härte der äusseren Schichten zunimmt.

*) Das Giessen erfolgt über einen hohlen Kern, der innen mit Wasser gekühlt wird. — Später Näheres.

Mit dem Wachsen des Normaldrucks zwischen zwei Schichten nimmt aber offenbar die Widerstandsfähigkeit der inneren Schichten gegen hydrostatischen Druck zu, während jene der äussern abnimmt.

Mit dem Zunehmen der Härte äusserer Schichten wächst also die Widerstandsfähigkeit und der Nutzeffekt.

Wie wir sogleich sehen werden ist aber die Spannung in den einzelnen Schichten eines Zylinders unabhängig von den absoluten Werthen der Elastizitätsmodule und bloss eine Funkzion der Verhältnisse der letzteren.

Daraus folgt, dass durch Verminderung der Härte der innern Schichten sich derselbe Gewinn an Nutzeffekt und Widerstandskraft erreichen lässt als durch vermehrte Härte der äusseren Theile.

Umgekehrt hat jede Vermehrung des Elastizitätsgrades der äussern Schichten oder jede einseitige Verminderung desselben in den innern Theilen nur Schwächung der Widerstandskraft und Herabminderung des Nutzeffektes zur Folge, indem dadurch der Antheil, welchen die äusseren Schichten am Widerstande nehmen, vermindert wird und daher unter sonst gleichen Verhältnissen die Spannung der innern Fasern wächst.

Fasst man nun das über die einseitige Veränderung des Tragmoduls und des Elastizitätsmoduls Gesagte zusammen, so ergibt sich für die gleichzeitige Aenderung dieser zwei Grössen Folgendes:

Widerstandskraft und Nutzeffekt werden am grössten, wenn man für die innerste Schichte ein Material von grosser Tragkraft und hohem Elastizitätsgrade nimmt, also Metalle mit grossem Tragmodul und niederem Elastizitätsmodul, und nach bestimmten Gesetzen die erste der letzterwähnten Grössen nach aussen immer mehr abnehmen, die zweite hingegen zunehmen lässt.

Also innen feste und weiche Metalle, aussen dagegen harte Metalle mit geringer Tragkraft.

Leider ist diese Forderung meist in der Praxis nicht vollkommen realisirbar, indem fast durchaus

die Metalle mit hoher Tragkraft einen niedern Elastizitätsgrad vereinen, d. h. ein hoher Tragmodul meist auch mit einem hohen Elastizitätsmodul verbunden ist.

Bildet man beispielsweise den innern Theil des Zylinders aus Gussstahl, den äussern dagegen aus Gusseisen, so hat man wohl eine richtige Abstufung der Tragfähigkeiten, dagegen eine verkehrte Anordnung bezüglich der Elastizitätsgrade, durch welch' letzteren Umstand man wieder einen Theil des Gewinnes an Nutzeffekt und Widerstandskraft verliert, den man durch den erhöhten Tragmodul im Innern erreicht hat.

Nimmt man sehr hartes Gusseisen und möglichst weichen Stahl, wie z. B. Krupp'schen Gussstahl, so kann man, wie man im 3. Abschnitte sehen wird, diesen Verlust auf eine sehr kleine Grösse herabbringen.

Verwendet man für die äussern Schichten sehr hartes Material, wie Stahl, für die innern dagegen ein sehr weiches, so werden wieder die Tragmodule meist in unrichtigem Verhältniss stehen. Dieser Uebelstand kann nun meist durch Anwendung künstlicher Metallkonstrukzionen kompensirt werden. — In welcher Art dies zu geschehen hat wird später angegeben werden.

Das Prinzip der veränderlichen Elastizität findet gegenwärtig in der Geschützfabrikazion eine ziemlich ausgebreitete Verwendung, freilich meist in Verbindung mit künstlichen Metallkonstrukzionen, d. h. mit inizialer Spannung und Pressung der einzelnen Schichten. — Wir werden jenen Theil dieser Konstrukzionen, der auch zur Anfertigung von Presszylindern verwendet werden kann, in so weit es die Grenzen dieses Aufsatzes erlauben, bei Erörterung der künstlichen Metallkonstrukzionen angeben.

Welche Verbindungsweise gewählter Metalle unter gegebenen Bedingungen die vortheilhafteste sei, entscheidet der Kalkül mit Berücksichtigung der durch bestimmte Konstrukzionsformen sich ergehenden technischen Schwierigkeiten oder Erleichterungen.

In die allgemeinen Untersuchungen einzugehen, durch welche die Gesetze gefunden werden können, nach denen sich die Veränderung des Trag- und Elastizitätsmoduls zu richten hat, um Nutzeffekt und Widerstandskraft auf ein Maximum zu bringen, würde in zu weitläufige Erörterungen führen, und wäre auch ohne direkten praktischen Werth.

Ich beschränke mich daher hier darauf, den Weg kurz anzugeben, auf dem die Widerstandskraft einer beliebigen Röhrenkombinazion gefunden werden kann, und hierauf den speziellen Fall, dass die Röhre nur aus zwei konzentrischen Theilen besteht, in so weit auszuführen und zu diskutiren, dass der mit den erörterten Prinzipien Vertraute sich auch in allgemeinen Fällen wird leicht orientiren können.

1. Aufsuchung der Gleichgewichtsbedingungen eines aus m konzentrischen Röhren gebildeten Zylinders.

Bezeichnungen:

Die Buchstaben N, τ, λ, r, x haben jetzt, auf irgend eine Röhrenschichte bezogen, dieselbe Bedeutung, wie im I. Abschnitt in Bezug auf den ganzen Zylinder. — Ausserdem werden aber die Buchstaben N, τ, λ, r auch noch mit 2 Zeigern unten angewendet; der erste dieser Zeiger gibt je nachdem er 0 oder 1 ist an, ob die Grösse der innern oder äussern Oberfläche einer bestimmten Röhre angehört, der zweite Zeiger dagegen, auf welche Röhre diese Grösse bezogen ist.

Es ist also beispielsweise $N_{o,r}$ = Normaldruck auf die innere Oberfläche der r^{ten} Röhre.

Ebenso behalten p, n und ε ihre früheren Bedeutungen, nur erhalten sie einen Zeiger unten, der angibt, welcher Röhre sie angehören.

Endlich bezeichnet man mit T_s die grösste zulässige Spannung der innern Fasern der s Röhre, also die sogenannte praktische Tragkraft. (Nach Reuleaux *) Die praktische Tragkraft ist gleich dem Tragmodul getheilt durch den Sicherheitskoeffizienten.

Erhält eine Grösse oben einen Strich ('), so bezicht sie sich auf den Fall, wo alle Röhren gleiche Elastizitätsverhältnisse haben.

Der Gleichgewichtszustand eines aus einer beliebigen Zahl konzentrischer Röhren gebildeten Zylinders wird untersucht, indem man den Gleichgewichtszustand jeder einzelnen Röhre nach den im I. Abschnitte entwickelten allgemeinen Formeln prüft.

Um diess aher zu können, muss man wissen, welche Normaldrucke auf die Oberflächen jeder Röhre wirken, oder was dasselbe ist, es müssen ausser dem hydrostatischen Drucke im Innern des Zylinders noch die Werthe von p, d. h. die Verhältnisse des innern

*) Der Constructeur. 2. Auflage. 1865.

zum äusseren Normaldruck für jede Röhre bekannt sein.

Diese Verhältnisse ergeben sich nun folgendermassen:

Die durch den hydrostatischen Druck hervorgebrachte Längenveränderung des äusseren Halbmessers einer beliebigen Röhre muss gleich der des inneren Halbmessers der nächstfolgenden Röhre sein, d. h. es muss die allgemeine Gleichung bestehen:

$$\lambda_{1,s} = \lambda_{o,s+1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (a)$$

Da diese Gleichung für alle Werthe von $s = 1$ bis $s = m - 1$ gültig sein muss, so liefert sie $m - 1$ Gleichungen, welche in Verbindung mit $p_m = o$, oder wenn man schärfer rechnen müsste, mit Berücksichtigung, dass der äussere Normaldruck auf die letzte Schichte gleich einer Atmosphäre ist, die gesuchten p Werthe geben.

Natürlich hat man in jede der aus (a) resultirenden Spezialgleichungen die aus (I) oder (8) sich ergebenden Werthe von λ einzusetzen.

Betrachtet man näher die Formen, welche die so erhaltenen Gleichungen annehmen, so wird man leicht sehen, dass die Werthe von p nur abhängig werden von den Verhältnissen der Werthe von ε und keineswegs von der absoluten Grösse derselben, und dadurch direkt zu dem früher schon erwähnten Satze gelangen:

Nutzeffekt und Widerstandskraft einer beliebigen Röhrenkombinazion ist eine Funkzion der Elastizitätsmodule der einzelnen Schichten, aber unabhängig von dem absoluten Werthe dieser Grössen.

Damit in keiner der Röhren die Tragfähigkeit derselben überschritten wird, müssen noch die Beziehungen bestehen:

$$\tau_{o,s} \leqq T_s \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (b)$$

Ob die Gleichungen (Ungleichheiten), die aus (b) für die Werthe von $s = 1$ bis $s = m$ resultiren, erfüllt sind, kann man nach Bestimmung der Werthe von p aus den Gleichungen (a) leicht verifiziren.

Der Nutzeffekt wird offenbar ein Maximum, wenn für jeden Werth von s die Gleichung besteht:

$$\tau_{o,s} = T_s \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (c)$$

Umgekehrt kann man von diesen letzten Gleichungen ausgehen, wenn man die Stärken einzelner Röhren als unbekannt annimmt und dieselben diesen Bestimmungen gemäss annehmen will. —

Ohne mich nun weiter in die verschiedenen hier möglichen Kombinazionen einzulassen, will ich unmittelbar zu dem speziellen Fall übergehen, der überdiess in der Praxis am häufigsten vorkommen wird, wo der zu konstruirende Zylinder aus 2 Theilen besteht.

2. Stärkebestimmung eines aus zwei konzentrischen Theilen bestehenden Zylinders.

Setzt man zur Abkürzung:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = k \text{ und } \delta = \frac{1 - k}{2}$$

so ergibt sich aus Gleichung (a) mit Hülfe der vereinfachten Formel (8) für das Verhältniss des innern zum äussern Druck im innern Zylindertheil:

$$p_1 = \frac{n_2^{\,2} - 1}{n_2^{\,2} n_1^{\,2} - 1 - \delta\,(n_2^{\,2} n_1^{\,2} + n_1^{\,2} - n_2^{\,2})} \quad . \; . \; . \quad (d).$$

Die Diskussion dieser Gleichung führt nun für den eben behandelten Fall leicht zu den früher schon in allgemeinerer Form gegebenen Resultaten. Ohne mich damit aufzuhalten, gehe ich zu der Aufgabe über, die die Praxis hier meist stellen wird:

Einen Zylinder zu konstruiren, der einem innern hydrostatischen Drucke zu widerstehen hat, der kleiner ist als das Maximum des zulässigen Druckes für einen Homogenzylinder aus dem Materiale A, und grösser als die zulässige Beanspruchung eines Homogenzylinders aus dem Materiale B. —

Der Vorgang zur Stärkebestimmung ist nun folgender:

1. Annahme. Der Zylinder wird ganz aus dem festen Materiale A verfertigt. — Für diesen Fall erhält man die nöthigen Dimensionen direkt durch die Formeln im I. Abschnitte.

2. Annahme. Der äussere Theil des Zylinders wird aus dem Materiale B, der innere aus dem Metalle A gemacht. — Der Ingenieur kennt den Maximalwerth von n, welchen er bei der ihm beiläufig bekannten Grösse des äusseren Zylinders noch für diesen anwenden kann (S. I. Abschnitt). — n_2 wird nun gleich diesem n Werth genommen. Dadurch ist aber der Normaldruck bestimmt, welcher auf den äussern Zylinder übertragen werden darf, und damit auch der Werth von p_1. — Die Gleichung (d) führt dann zur Bestimmung von n_1, und

damit zu den Dimensionen der zwei konzentrischen Röhren.

3. Annahme. **Der äussere Theil besteht aus dem stärkeren Materiale *A*, der innere aus dem Materiale *B*.** — Hier wird die Untersuchung etwas komplizirter. Im früheren Falle handelte es sich zunächst um das zulässige Maximum des äusseren Theils. Dieses ist direkt bestimmbar und führt direkt zu den gesuchten Werthen. — Hier muss man die Dimensionen so wählen, dass die Masse des äusseren Theils ein Minimum wird, und welches dieses sei, ergibt sich erst durch eine eigene Untersuchung. Am einfachsten geht man so vor:

Aus Gleichung II folgt als Gleichgewichtsbedingung für den innern Zylindertheil bei der höchsten zulässigen Fasernspannung

$$T_1 = \frac{N_{0,1}}{n_1^2 - 1}(1 + n_1^2 - 2 n_1^2 p_1) \quad . \quad . \quad . \quad (e)$$

Setzt man in diese Gleichung obigen Werth von p_1, so hat man eine Beziehung zwischen den Grössen n_1 und n_2, aus der n_2^2 bestimmt wird.

Der Kubikinhalt des äusseren Theiles ist aber, wie man leicht erhält: (Für die Cylinderlänge Eins.)

$$R = \pi r_{0,1}^2 n_1^2 (n_2^2 - 1).$$

Dieser Ausdruck wird nun ein Minimum, wenn es, wie man durch Substituzion des früher erhaltenen n_2 Werthes erhält, der nachfolgende Bruch wird:

$$\frac{n_1^2 (1 + 2 \vartheta n_1^2 - n_1^2 - \vartheta)(c n_1^2 - n_1^2 - 1 - c)}{2 n_1^2 + (n_1^2 - \vartheta n_1^2 + \vartheta)(c n_1^2 - n_1^2 - 1 - c)} \quad (f)$$

in welchem Ausdrucke $c = T_1 : N_{0,1}$ ist.

Das Minimum des Ausdrucks *(f)* für Veränderung von n_1 wird nun am einfachsten bei gegebenen Werthen von c und ϑ dadurch gefunden, dass man sich die Werthe aufsucht, welche *(f)* annimmt, wenn man n_1^2 nacheinander verschiedene Werthe zwischen 1 und etwa 4 beilegt. *) — Durch wenige Substituzionen wird man meist mit genügender Schärfe den Minimalwerth von *F* finden, und der zugehörige Werth von n_1^2 ist zugleich der für die Konstrukzion beizubehaltende. — n_2 und damit sämmtliche Zylinderdimensionen ergeben sich nun leicht.

*) Durch Befolgung des allgemeinen Verfahrens zur Aufsuchung des Minimums der Funkzion *(f)* wird man zu einer biquadratischen Gleichung geführt, deren Auflösung in Verbindung mit der vorhergehenden Differenziazion und Redukzion kaum obigem Verfahren vorzuziehen ist.

Die für die erörterten 3 Fälle nothwendig werdenden Kosten an Material, durch Konstrukzion u. s. f. werden nun miteinander verglichen und darnach die Wahl getroffen.

Wesentlich anders ist, wie man sehen wird, die Untersuchung, wenn man gleichzeitig künstliche Metallkonstrukzionen anwendet.

Die hier gegebenen Erörterungen werden für die Praxis genügen. — Selten wird ein Presszylinder aus mehr als zwei konzentrischen Röhren zusammen gesetzt werden; sollte es aber doch geschehen, so hat man hier Anhaltspunkte genug, um auch für diesen Fall leicht den richtigen Weg zu finden.

Schliesslich will ich noch auf ein auf den ersten Anblick schwer erklärlich scheinendes Faktum aufmerksam machen, das aus dem oben Gesagten nun aber leicht begründet werden kann.

Ein Zylinder aus sehr starkem festen Material erhält nämlich ein grösseres Widerstandsvermögen gegen innern hydrostatischen Druck, wenn man ihn bis auf eine gewisse Stärke ausbohrt und den ausgebohrten Theil durch eine sehr schwache, aber sehr dehnbare Materie ersetzt. — So wird z. B. ein Gussstahlzylinder stärker, wenn man seinen innern Theil bis auf eine gewisse Tiefe durch Blei ersetzt u. s. f.

Ich schliesse damit die Zylinderkonstrukzion aus Röhren ohne iniziale Spannung und Pressung, und gehe zu jenen über, bei welchen eine solche künstlich hervorgerufen wird, d. h. zu den künstlichen Metallkonstrukzionen.

b) **Die künstlichen Metallkonstrukzionen.**

Wie bereits erwähnt wurde, haben die künstlichen Metallkonstrukzionen den Zweck, schon ursprünglich eine solche Anstrengung in den einzelnen Schichten, welche den Zylinder bilden, hervorzurufen, dass alle Schichten sich in gleicher Weise am Widerstande gegen den hydrostatischen Druck betheiligen, und gleichzeitig die Stärke des Zylinders gegen den letzteren erhöht wird. — Die künstlichen Metallkonstrukzionen lassen sich naturgemäss in zwei Gruppen theilen, die ich getrennt behandeln will. — Die Methoden der ersten Gruppe bestehen in der Bildung der Zylinder aus getrennten konzentrischen Schichten, deren jede mit einer gewissen Spannung über die unter ihr liegenden gebracht wird, während jene der

zweiten Gruppe den Presszylinder aus Einer Masse verfertigen, und die richtigen Anstrengungen der einzelnen Fasern durch entsprechende Leitung der Abkühlung der Guss- oder Schmiedstücke zu erreichen suchen.

1. Die Reifen- (Röhren) und die Drahtkonstruktion.

Presst man einen Zylinder über einen anderen, dessen äusserer Durchmesser kleiner als der innere des ersteren ist, so wird der innere Zylinder zusammengepresst, der äussere ausgedehnt. — Das Aufzwängen eines dritten Zylinders über die zwei ersten vermehrt die Kompression der innersten Röhre und vermindert die Spannung der Mittelröhre, während der äusserste Zylinder eine gewisse Dehnung erleidet. — Analog ist die Wirkung eines vierten, fünften Zylinders u. s. w.

Durch Regelung der Stärken der einzelnen Röhren, und der Differenzen des äussern und innern Durchmessers zweier aufeinander folgenden Schichten lässt es sich nun erreichen, dass alle Röhren gleichen Antheil am Widerstande nehmen, und dass gleichzeitig die innerste Zylinderschichte bis an ihre Elastizitätsgrenze gegen Druck zusammengepresst wird, also der hydrostatische Druck in den innersten Fasern eine Anstrenguug hervorbringen kann, welche um den Betrag des Tragmoduls gegen Druck grösser ist als jene bei Konstruktionen ohne initiale Spannung.

Da aber der hydrostatische Druck der durch ihn erzeugten Spannung proportional ist, so ergibt sich, dass durch die Anwendung künstlicher Metallkonstruktionen die Widerstandskraft der Presszylinder sehr bedeutend gesteigert werden kann.

So kann man beispielsweise, wenn der innere Zylinder Rohgusseisen ist, bei derselben Sicherheit wie in Tabelle I den innern Druck von 3 Kilogramme auf 10—12 Kilogramme, also um das Vierfache steigern, bei Schmiedeisen von 8 Kilogramm auf das Doppelte dieses Druckes.

Es ist klar, dass von jeder einzelnen der Schichten, welche den Zylinder bilden, nicht das Maximum des Nutzeffektes gewonnen wird, indem in jeder derselben, wie bei einem Vollzylinder, die Spannung von innen nach aussen abnimmt.

Fig. (6) wird das eben Gesagte erläutern. Sie stellt einen Theil des Querschnittes eines aus vier Röhren zusammengesetzten Zylinders dar. Die einfach schraffirten Flächen geben die Anstrengungen an, denen das Rohr ursprünglich unterworfen sein soll, AC also die grösste Kompression der innersten Röhre, DE die initiale Spannung der äussersten Fasern. — Die einfach und doppelt schraffirten Flächen zusammen zeigen die durch den hydrostatischen Druck erzeugten Anstrengungen an, die in den innersten Fasern nun nicht bloss den Werth der praktischen Tragkraft AB ausmachen kann, sondern gleich der Summe aus dieser und dem Tragmodul gegen Druck, AC, ist. — Sind alle Röhren aus gleichem Materiale, so muss, wenn in der innersten Faser die Spannung AB eintritt, diess gleichzeitig in den innern Schichten der drei äusseren Röhren stattfinden.

Der Nutzeffekt ist offenbar das Verhältniss der über der Linie AD befindlichen schraffirten Flächen zu dem Rechtecke $ABFD$.

Gewöhnlich wird nur die innerste Röhre aus einem Stück, die äusseren dagegen, um sie leichter über die innere und übereinander zu bringen aus einzelnen Ringen von 6—12″ Breite gebildet. — Diese einzelnen Ringe können zugleich viel sorgfältiger, fester und gleichförmiger verfertigt werden als diess bei langen Röhren möglich ist.

Die Erzeugung solcher Ringe, auch Panzerreifen genannt, aus Stahl und Schmiedeisen, hat durch die starke Nachfrage für Geschützkonstruktion rasch eine bedeutende Vollkommenheit erlangt, und wird gegenwärtig in einigen Fabriken in ziemlichem Umfange betrieben. — In das Detail der Fabrikationsmethoden kann ich hier natürlich nicht eingehen.

Der Anwendung dieser Methode, nämlich dem Aufziehen von Ringen unter bestimmter Spannung, stehen zwei vielseitig gemachte Einwürfe entgegen, in die wir hier eingehen müssen, und an deren Erörterung ich zugleich jene technischen Details knüpfen werde, die mit dem Konstruktionsprinzipe auf das Innigste zusammenhängen und zum vollen Verständnisse desselben nothwendig sind.

Der englische Ingenieur Longridge, der zuerst die Drahtkonstruktion (siehe später) vorschlug und

Tabelle V.

Nummer d. Schichte	Innere Halbmesser	Aeussere Halbmesser	Schichtenstärke	Halbmesser Differenzen	Anmerkung
1	4,0000 Zolla	5,3222	1,3222	$r_{11} - r_{02} = 0{,}0031$	Die Berechnungen sind mit Hülfe der Bartow'schen Formel gemacht.
2	5,3191 „	7,2928	1,9737	$r_{21} - r_{03} = 0{,}0035$	
3	7,2893 „	9,4633	2,1740	$r_{31} - r_{04} = 0{,}0035$	
4	9,4598 „	11,8247	2,3649		

anwendete, präzisirt den seiner Ansicht nach grössten Fehler der Reifenkonstruktion folgendermassen:*)

„Die Theorie lässt sich nur realisiren unter der Voraussetzung, dass die Reifen vollkommen genau gearbeitet sind, was in der Praxis nicht zu erreichen ist. — Um einen Begriff der nothwendigen Schärfe zu geben, sind die Halbmesser der in obiger Figur (Fig. 6) gezeichneten Reifen in vorstehender Tabelle zusammengestellt:“

„Um die richtigen initialen Anstrengungen hervorzubringen, muss also der äussere Halbmesser des 1. Reifes um etwa $^1/_{300}$ Zoll kleiner als der innere des zweiten, die äussern Halbmesser der zweiten und dritten Schichten um $^{35}/_{1000}$ Zoll kleiner als die innern der anliegenden Schichten gemacht werden. — Offenbar muss also, da die ganze Wirkung von einer so kleinen Grösse wie $^1/_{300}$ Zoll abhängt, der geringste Fehler in der Bearbeitung das Resultat merklich beeinträchtigen und bedeutende Abweichungen von den richtigen Spannungsverhältnissen zur Folge haben.“

„Ueberdiess ist das Anlegen der Reifen nicht leicht. Sie müssen genau gebohrt sein, und jedesmal, wenn eine Schichte angelegt ist, muss das Rohr auf die Drehbank gebracht und abgedreht werden, wobei die grösste Schärfe nöthig ist. Die Kosten werden dadurch, da viel und feine Arbeit erfordert wird, bedeutend.“ —

„Genauigkeit der Spannung wird auch nicht zu erreichen sein. — Auf das Aufziehen der Reifen in warmem Zustande wird man sich kaum verlassen können, da es nicht nur schwierig ist, genau die erforderliche Temperatur zu bekommen, sondern kaum zwei Eisenstücke sich gleich zusammenziehen; zwängt man aber die Reifen kalt mittels hydraulischer Pressen auf das etwas konisch geformte Rohr, so treten andere praktische Schwierigkeiten auf, da die äusserste Genauigkeit der Arbeit die allergeschicktesten Arbeiter und die schärfste Aufsicht nöthig macht.“

Diese Vorwürfe Longridge's scheinen beim ersten Anblick vollkommen begründet zu sein. — Geht man aber mehr in die Sache ein, so sieht man, dass die durch sie begründeten Schwierigkeiten sich grösstentheils leicht überwinden lassen.

Betrachten wir vor Allem näher die Arten, wie die einzelnen Schichten übereinander gebracht werden.

Wendet man durchaus zylindrische Bohrungen an, so erhitzt man die aufzubringenden Reifen so weit, dass sie das Aufziehen leicht gestatten und kühlt sie nach demselben auf verschiedene Weise ab. — Um genaue Resultate zu geben, fordert diese Methode allerdings, dass die Reifen bis auf Dimensionen von einigen Tausendstel Zollen genau gebohrt werden.

Ist nun diess vom technischen Standpunkte aus so schwierig? Wer die Schärfe der gegenwärtig gebrauchten Messinstrumente und Werkzeugmaschinen kennt, wem die Genauigkeit unserer Bohrmaschinen bekannt ist, wird diese Frage entschieden verneinen. — Wir messen und bohren jetzt auf tausendstel Zolle eben so leicht, als diess vor nicht sehr langer Zeit mit Zehntel-Zollen der Fall war. — Die eigentliche Frage dreht sich also nur um den Kostenpunkt. — Da ist nun freilich nicht zu bezweifeln, dass die Aufstellung solch kostspieliger Maschinen und eines eigens für selbe bestimmten Arbeiter- und Aufsichtspersonales sich dort nicht lehnt, wo der Bedarf an Panzerreifen ein verhältnissmässig geringer ist. — Diess wird aber auch nicht gefordert.

*) „Ueber die Konstruktion der Geschützröhre und anderer hohler Körper, welche einem grossen innern Drucke widerstehen sollen, von James Longridge,“ — eine Abhandlung, welche im Vereine der englischen Civil-Ingenieure eine sehr lebhafte und interessante Diskussion hervorrief. — (Enthalten in der „Excerpt minutes of proceding of the Institution of Civil engineers.“ Volume XIX. Ses. 1859—1860. — Ins Deutsche übertragen von J. Hartmann. 2. Auflage. 1864.)

Gegenwärtig beschäftigen sich mehrere der grössten Stahl- und Eisenetablissements mit der Anfertigung der Panzerreifen im Grossen. — Grösstentheils gleichzeitig mit der Erzeugung schwerer Geschützrohre beschäftigt, die an sich schon die Aufstellung sehr genauer Bohrmaschinen fordert, wird es diesen Fabriken leicht werden, mit geringer Kostenerhöhung das scharfe Ausbohren der Panzerreifen, natürlich nur innerhalb gewisser Grössengrenzen dieser letzteren, vorzunehmen. — Von solchen Fabriken hätten dann andere den für sie nöthigen Bedarf zu beziehen.

Mehr Geltung hat Longridge's Bemerkung über die Schwierigkeit gleichförmiger Erhitzung auf eine gegebene Temperatur, und die Differenz in den Zusammenziehungen gleich erhitzter Eisenstücke beim Erkalten. — Aber die Schärfe dieses Vorwurfes hat hauptsächlich auch nur Bezug auf die leider bis jetzt noch fast durchgehends angewendete primitive Methode der Erhitzung der Ringe in offenem Feuer und des raschen Abschreckens der aufgezogenen Reifen mit kaltem Wasser. — Will man befriedigende Resultate erlangen, so ist die Erhitzung der Reifen in siedendem Wasser, im Bedarfsfalle unter gewissem Drucke, oder in siedendem Oele vorzunehmen. — Die Reifen werden partienweise auf die untere Röhre aufgebracht und die Abkühlung dadurch erreicht, dass durch die innere Röhre kaltes Wasser geleitet wird. — Durch dieses letztere wird ausser einem langsamern und gleichförmigeren Zusammenziehen der Ringe noch der Vortheil erreicht, dass eine Erhitzung der innern Röhre und damit eine Erweiterung derselben vermieden wird, die sehr leicht zu einer permanenten Dehnung der äusseren Ringe führen könnte.

Auf diese Weise wird es bei der Gleichförmigkeit, mit der gegenwärtig die Panzerreife erzeugt werden, nach einiger Uebung immer gelingen, wenn auch nicht die theoretische Stärke, so doch Resultate zu erlangen, welche die aufgewendeten Kosten rechtfertigen. — Besonders zu achten hat man darauf, dass die äussern Reifen nicht zu stark gespannt werden, da hierdurch die Stärke des Presszylinders sehr bedeutend vermindert werden kann. — Der amerikanische Professor Treadwell gibt in dieser Hinsicht den Rath, alle innern Durchmesser der Reifen nur so viel kleiner als die äussern Durchmesser der nächst innern Zylinder zu machen, dass zum Aufziehen der äussern Ringe dieselben nie bis zur Aenderung ihrer Metallfarbe erhitzt werden dürfen. (Scientific Americain, Dezember 1864.) — Diese Vorschrift ist natürlich etwas zu enge, und bedarf für jeden Fall einer entsprechenden Modifikation.

Die zweite Art, die Reifen aufzuziehen, ist die in kaltem Zustande derselben. Es werden die über einander zu bringenden Flächen konisch geformt und dann die Reifen mittels starker hydraulischer Pressen auf die untern Zylinder aufgepresst. — Diese Methode lässt sehr genaue Resultate zu und ist gar nicht so schwierig auszuführen als Longridge glaubt. — Zuerst fällt hier das scharfe zylindrische Ausbohren auf bestimmte und sehr verschiedene innere Durchmesser weg. — Sämmtliche konischen Flächen können mit ein und derselben Neigung der Mantellinien gegen die Achse abgedreht werden, wobei man sich von der Aufmerksamkeit des Arbeiters verhältnissmässig unabhängig machen kann.

Die richtige Spannung der einzelnen Schichten lässt sich in einfacher Weise durch folgendes Verfahren erreichen:

Durch Rechnung wird der Druck bestimmt, welchen jede Schichte unmittelbar nach dem Aufziehen auf den darunter befindlichen Zylinder ausüben muss. Damit ist der Druck bekannt, welchen die hydraulische Presse in der Richtung der Zylinderachse auf jeden Reif einer Schichte in dem Augenblicke ausüben muss, wo er die richtige Spannung erreicht hat. — Es wird nun das Ventil der hydraulischen Presse so beschwert, dass es sich bei Ausübung des letzterwähnten Druckes öffnet, ein Reif $ABCD$ (Fig. 8) leicht aufgesetzt, und nun bis zur Oeffnung des Ventils hinabgedrückt. — Ist $EFGH$ die Endlage des Reifen, so gibt BE nun die Entfernung an, in welcher jeder Reif von seiner eigentlichen Lage aufzusetzen ist. — Während der weiteren Operation wird das Pressventil mit einem kleinen Uebergewichte belastet. — Diese Methode erlaubt eine genaue Reglung der einzelnen Anstrengungen, und übermässige Spannungen sind fast unmöglich. — Von der Geschicklichkeit des Arbeiters ist man dabei ziemlich unabhängig, indem das Aufziehen in fast automatischer Weise geschieht.

Gegenwärtig wird in der Geschützfabrikation fast durchaus das Aufziehen der Reifen in kaltem Zu-

stande vergenommen, geht mit grosser Präzision vor sich, und hat sich durchaus bewährt. — Holley, dessen schon erwähnt wurde, eine der ersten Autoritäten in dieser Richtung, sagt darüber: „Die Spannung des Ringes hängt von der Distanz ab, auf welche er auf den Konus aufgetrieben wird, und kann durch das Sicherheitsventil der hydraulischen Presse fast bis auf ein Pfund genau regulirt werden. Es wird selbst mit den gewöhnlichen Werkzeugen bei Erzeugung von Maschinen umgeändert und angepasst zu dem betreffenden Zwecke, und bei nur wenig geübten Arbeitern nicht schwer werden, ein günstiges Resultat zu erlangen."

Ein gewichtigeres Bedenken als die von Longridge gemachten, und anwendbar auf alle künstlichen Metallkonstruktionen überhaupt, ist: dass die initialen Anstrengungen, denen die einzelnen Schichten unterworfen sind, mit der Zeit schwächer werden und endlich verschwinden, und damit auch der Vortheil, den man durch diese Anstrengungen erreicht hatte. Ohne diesen Punkt näher zu untersuchen, will ich nur Folgendes bemerken: Das amerikanische Parrot-Geschütz besteht aus einer gusseisernen Zentralröhre mit darüber gepresstem Schmiedeisenring. — Diese Geschütze haben in vielen Fällen über 2000, in einigen Fällen bis gegen 5000 Schüsse ausgehalten, ohne dass eine Abnahme der Wirkung des Schmiedeisenringes zu bemerken war. — Ein Aehnliches gilt von den Armstrong-Geschützen (Schmiedeisenkernröhre mit darüber gepressten Schmiedeisenreifen), den Whitworth- und Blakely-Geschützen (Stahlrohre mit aufgepressten Stahlreifen). — Diese Beispiele, die ich durch eine ziemliche Zahl anderer vermehren könnte, beweisen, dass die initialen Anstrengungen bei künstlichen Metallkonstruktionen unter den starken Spannungen und den ungeheuren Vibrationen, welche schwere, gezogene Geschütze aushalten müssen, dauernd ihre Wirksamkeit bewahren, und es ist daher wohl erlaubt, ohne weitere theoretische Spekulationen, anzunehmen, dass man auch bei hydraulischen Pressen, wenn man nur auf die Elastizitätsgrenze Rücksicht nimmt, den Initialanstrengungen wird eine genügende Stabilität sichern können.

Ueberdiess kann man bei konischen Reifen zeitweise ein Nachtreiben derselben vornehmen.

Ich will nun in Kurzem angeben, wie die Grössen gefunden werden können, welche man in bestimmten Fällen zur Ausführung der Reifenkonstruktion nöthig hat.

Die allgemeinste Aufgabe, welche die Röhrenkonstruktion der Theorie stellt, ist folgende:

Zu konstruiren ein Zylinder von gegebener Lichtweite, der einem bestimmten inneren Drucke widerstehen soll. — Der Zylinder hat zu bestehen aus einer Zentralröhre und einer bestimmten Zahl darüber gepresster Ringschichten oder Röhren.

Zu bestimmen sind:

1. Die Stärken der konzentrischen Theile.

2. Wenn die Ringe im warmen Zustande aufgezogen werden, die Differenzen zwischen den äussern und innern Radien aufeinanderfolgender Röhren, ehe sie übereinander gebracht werden, oder wenn das Aufziehen der Reifen mittels hydraulischer Pressen erfolgt, die Drucke, welche jede Schichte unmittelbar nach ihrem Aufpressen auf den unterhalb befindlichen Zylinder ausübt.

Ist A_p die Anstrengung, welcher die innern Fasern der p Schichte (die Kernröhre als 1. Schichte genommen) vor Wirkung des innern hydrostatischen Druckes unterworfen sein muss, so hat man zuerst die Gleichung: (Siehe I. Abschnitt, *c*, 2.)

$$A_p + \tau_{o,p} = T_p \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (g)$$

Setzen wir voraus, dass der Zylinder aus m konzentrischen Schichten gebildet wird, so muss die Gleichung (*g*) gültig sein, für $p = 1$ bis $p = m$. A_p ist aber hervorgebracht durch das Aufpressen der p Schichte selbst und der darauf folgenden, d. h. es ist, wenn $a_{r,p}$ die Anstrengung bedeutet, welche das Aufzwängen der r Ringschichte in den innern Fasern der p Schichte erzeugt:

$$A_p = a_{p,p} + a_{p+1,p} + \ldots . + a_{m,p} \quad . \; . \; (h)$$

$a_{r,p}$ ist aber eine aus den Gleichungen des I. Abschnittes leicht zu bestimmende Funktion des Normaldruckes, welchen die r Schichte nach ihrem Aufpres-

sen auf den untern Zylindertheil ausübt (ich bezeichne ihn mit N_r) und der Stärke dieses untern Zylindertheils. — Damit erhält man A_p ausgedrückt als Funktion von N_r und n_r, und durch Substitution dieser A_p Werthe in Gleichung (g) ergeben sich m Gleichungen zwischen den $2\,m - 1$ unbekannten Grössen n_1 bis n_m und N_1 bis N_{m-1}.

Will man die Reifen im warmen Zustande aufziehen, so muss man die Grössen N_r eliminiren und durch die Differenzen ersetzen, welche vor dem Aufbringen zwischen dem innern Radius der r Schichte und dem äussern Radius des schon gebildeten Zylinders vorhanden sein müssen. (Diese Differenz wird mit d_r bezeichnet). Diese Elimination ist leicht zu bewerkstelligen, wenn man bemerkt, dass die Summe der Zusammenpressung des äussern Halbmessers des untern Zylindertheiles und der Ausdehnung des inneren Halbmessers der r Schichte, welche durch den Druck N_r hervorgebracht werden, gleich d_r sein müssen. — Die letzterwähnten Spannungen und Pressungen sind aber leicht bestimmbare Funktionen von N_r. — Für den Fall, dass man die Ringe im warmen Zustande anfzieht, hat man also ebenfalls m Gleichungen zwischen den $2\,m - 1$ unbekannten Werthen von n_1 bis n_m und d_2 bis d_m. —

Theoretisch sind also immer $m - 1$ der unbekannten Grössen beliebig wählbar. — In der Praxis tritt aber meist eine genügende Zahl von Nebenbedingungen, theils aus physikalischen, theils rein technischen Gründen hinzu, um alle diese Werthe bestimmt anzugeben. So wird oft mit der Zentralröhre ein fester Boden verbunden und derselben dadurch allein der Widerstand gegen Längenabreissung übertragen, mithin die Minimalstärke der Zentralröhre bestimmt. Ebenso sind gewöhnlich die Werthe von A_1 und A_m d. h. die Initialanstrengungen der innersten und äussersten Schichte gegeben. — Die erstere ist meist gleich dem Tragmodul gegen Druck, die letztere darf nie den halben Werth des Tragmoduls gegen Zug überschreiten, wenn die Initialanstrengungen genügende Stabilität besitzen sollen.

Ohne Entwicklung der angedeuteten Rechnungen und Uebergang auf konkrete Fälle kann ich diesen Gegenstand hier nicht gut weiter verfolgen.

Der Reifen-Konstruktion sind gewisse Fehler inhärirend, die nicht zu beseitigen sind. — Das Aufziehen der Reifen erfordert, wenn man genaue Resultate erlangen will, jedenfalls so viel Mühe und Kostenaufwand, dass man die Zahl der konzentrischen Schichten, aus denen man den Zylinder bildet, selten grösser als drei machen wird. — Bei solcher geringer Zahl ist aber der Verlust an Nutzeffekt noch immer ziemlich bedeutend, d. h. ein grosser Theil des Widerstandes gegen Längenanfreissung wird hiebei nicht ausgenützt. — Endlich lässt diese Konstruktionsmethode nicht die Verwendung des festesten Materiales, das zu Gebote steht, nämlich des Stahldrahtes zu.

Diese Mängel führten den englischen Ingenieur Longridge dazu, statt dem Aufpressen mehrerer Reifenschichten die Kernröhre des Presszylinders dadurch zu verstärken, dass um dieselbe mehrere Schichten viereckigen Stahl- oder Eisendrahtes unter solcher Spannung desselben aufgewunden werden, dass die innersten Fasern des Kernzylinders und sämmtliche Drahtschichten gleichen Antheil am Widerstande gegen den innern hydrostatischen Druck nehmen.

Longridge wendete dabei die folgende Methode an: *)

Der Draht wurde um eine Trommel gewunden, deren Achse parallel mit jener der Drehbank war, auf der das Rohr lag. — Auf der Achse der ersten Trommel war eine zweite Trommel, auf welche ein einem Prony'schen Dynamometer ähnliches Bremswerk derart wirkte, dass jede Drahtschichte die richtige Spannung erhielt. — Die ganze Vorrichtung war sehr einfach und der Draht wurde mit grosser Regelmässigkeit aufgewunden, und zwar so leicht und gleichmässig als das Aufwickeln von Fäden auf Spulen, während gleichzeitig hinsichtlich der Spannung die grösste Genauigkeit erreicht wurde.

Der Stahl- oder Eisendraht, welcher hier verwendet wird, ist viereckig und hat eine Stärke von $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{10}$ Zoll.

Diese Methode hat vor der Reifenkonstruktion entschiedene Vortheile. — Sie erlaubt die Anwendung des festesten Materiales, die fast vollständige Ausnützung seiner Widerstandskraft, und ist in einfacher und wenig kostspieliger Weise auszuführen.

Bei Anwendung der Drahtkonstruktion ist hauptsächlich auf eine sorgfältige Versicherung der Draht-

*) Siehe die früher erwähnte Broschüre dieses Ingenieurs.

enden zu achten. Gegen eine Aufwicklung des Drahtes wird man sich am besten dadurch sichern, dass man über die äusserste Drahtschichte noch eine dünne Stahl- oder Schmiedeeisenröhre unter leichter Spannung aufzieht.

Der Hauptvorwurf, welcher der Drahtkonstruktion gemacht wird, ist die Schwierigkeit der Bodenkonstruktion und der Erreichung einer genügenden Festigkeit des Zylinders in der Richtung der Achse.

Man wird in dieser Hinsicht am besten thun, bei schwächern Pressen den Kernzylinder so stark zu machen, dass er allein Sicherheit gegen Längenabreissung gibt, bei sehr starken Pressen aber soll der Boden immer getrennt von dem zylindrischen Theile hergestellt, mit demselben durch eine Dichtung verbunden werden, und die Festigkeit in longitudinaler Richtung durch Verbindung des Bodens mit den Presssäulen oder in analoger Weise erreicht werden.

Einen ganz praktischen Vorschlag über dieses Anbringen der Bodenplatte findet man in Dingler's polyt. Journal Bd. CLIX., Heft 6*).

Diese Trennung von Bodenplatte und zylindrischem Theil hat die verschiedensten Vortheile. Nicht nur, dass eine feste Verbindung von Boden und Zylinder selbst die Festigkeit dieses letzteren in tangentialer Richtung schwächt, so ist es bei sehr starken Zylindern geradezu fast unmöglich, bei derselben die genügende Sicherheit gegen das Abreissen des Bodens zu erlangen, indem keineswegs, wie jetzt noch durchaus angenommen wird, die Festigkeit gegen Längenabreissung proportional dem Querschnitt des Zylinders ist, sondern die Vergrösserung der Längenfestigkeit mit dem Wachsen der Zylindermasse in ähnlicher Weise und aus ähnlichen Gründen rasch abnimmt, wie diess mit jener gegen Längenaufreissung der Fall ist. — Ich muss mich hier begnügen, auf diesen Punkt aufmerksam gemacht zu haben.

*) Man findet daselbst auch mehrere interessante Bemerkungen über Bodenformen überhaupt.

Bezüglich der Stabilität der in dem Drahte und durch den Draht erzeugten Anstrengungen, gilt das Gleiche wie bei der Reifenkonstruktion.

Bezüglich der Ersparniss am Materiale und der Kostenverhältnisse führt Longridge als Beispiel an, dass ein Zylinder von 40 Zoll Hublänge und 10 Zoll innerem Durchmesser, aus Gusseisen verfertigt, roh 40 Zentner, ausgearbeitet 31 Zentner wiegt, und ungefähr 22 Pfund Sterling kostet, während ein drahtumwundener Zylinder bei gleicher Festigkeit nur 7 Zentner wiegen und nicht über 10 Pfund kosten würde.

Wird man nun solche günstige Verhältnisse kaum allgemein erreichen, so zeigt dieses Beispiel doch, welche bedeutende Vortheile diese Methode bietet und dass sie daher entschieden grosse Beachtung verdient.

Bei der Konstruktion eines Zylinders nach der Longridge'schen Methode hat man gewöhnlich gegeben die Stärke des Kernzylinders und jene des verwendeten Drahtes, und zu suchen die Anzahl der Drahtschichten, und die Spannungen unter denen dieselben aufgezogen werden müssen, um den Forderungen der künstlichen Metallkonstruktionen zu genügen.

Im Folgenden soll angedeutet werden, wie diese Grössen gefunden werden können.

Zuerst ist es klar, dass auch für diesen Fall die für die Reifenkonstruktion entwickelten Gleichungen (*g*) gelten müssen.

Die erste dieser Gleichungen, d. h.

$$A_1 + r_{0''} = T_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (i)$$

dient dazu, um mit genügender Annäherung die unbekannte Zahl der Drahtwindungen zu bestimmen. Man kann nämlich mit genügender Schärfe annehmen, dass durch den hydrostatischen Druck alle Drahtfasern bis zu der zulässigen höchsten Spannung T_2 angestrengt werden. — Der Widerstand des Drahtzylinders gegen Längenaufreissung ist daher, wenn d die Stärke des Drahtes, m die Zahl der Drahtschichten ist,

$$2\, T_2\, md.$$

Der durch den hydrostatischen Druck auf die innere Fläche des Drahtzylinders übertragene Normaldruck ist aber $N_{0''} = N_{0''}$, die Grösse der Kraft, welche dem Drahtzylinder der Länge nach aufzureissen sucht, daher

$$2\, r_{1''}\, N_{0''} = 2\, r_{1''}\, N_{1''}.$$

Zur Bestimmung des Druckes $N_{1,n}$, welcher sich während der Wirkung des hydrostatischen Druckes äussert, hat man also die Gleichung

$$2\ r_{1,n}\ N_{1,n} = 2\ T_2\ m.d.$$

Aus dieser Gleichung folgt $N_{1,n}$ als Funktion von m. — Es ist nun leicht auch $\tau_{o,n}$ durch m auszudrücken, und durch Substitution in *(i)* eine Gleichung zu erhalten, die nun die gesuchte Zahl der Drahtschichten gibt.

Die Spannungen der Drahtschichten ergeben sich in folgender Weise.

Aus *(g)* folgt die Gleichung:

$$A_p + \tau_{o,p} = T_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (k)$$

gültig für alle Werthe von $p = 2$ bis $p = m + 1$. — Die Gleichung schliesst also $m - 1$ verschiedene Gleichungen in sich.

Die Gleichung *(h)* muss ebenfalls für die Drahtkonstruktion gelten. — In derselben lassen sich aber mit Hülfe der im I. Abschnitt gegebenen Gleichung die Werthe von $a_{r,p}$ leicht als Funktion der Spannung S_p mit der die p. Drahtschichte aufgezogen werden muss, ausdrücken. — Dadurch ergibt sich A_p als Funktion von S_p und durch Substitution dieses A_p Werthes in *(k)*, $m - 1$ Gleichungen zur Bestimmung der m Unbekannten S_1 bis S_m. — Die noch fehlende Bestimmungsgleichung folgt aus der Bedingung, dass die Spannung der äussersten Drahtschichte, also S_m nur ein bestimmter Theil des Tragmoduls sein darf, und ebenso die initiale Kompression der innersten Drahtschichte also A_p höchstens gleich dem Tragmodul gegen Druck sein soll.

Ein näheres Eingehen in diese Verhältnisse würde mich hier zu weit führen.

Die vortheilhafteste Verwerthung der Reifen- und Drahtkonstruktion ergibt sich durch deren Verbindung mit dem Prinzipe der veränderlichen Elastizität. — Indem man z. B. den innern Theil eines Presszylinders aus weichem Gusseisen macht und ihn von aussen durch Stahlreifen verstärkt, in Bezug auf die Elastizitätsmodule also die Forderung der veränderlichen Elastizität realisirt, kann man die falsche Anordnung in Bezug auf die Tragmodule durch Anwendung der künstlichen Metallkonstruktion kompensiren, indem dieselbe ja gleichsam nichts anderes bezweckt als eine Erhöhung des Tragmoduls der inneren Schichten durch Verminderung jenes der äusseren in dem Masse, dass dadurch dem Prinzip der veränderlichen Elastizität genügt wird.

Ueber die Ausführung der Rechnungen bei Verbindung beider Methoden ist nichts Besonderes zu sagen, indem sich das Nöthige aus der Verbindung des früher Erörterten ergibt.

In neuester Zeit wurde von dieser Kombination beider Konstruktionsprinzipien vielfach Gebrauch gemacht, besonders in der Erzeugung schwerer Geschützrohre. — So hat der bekannte Geschützerzeuger Blakely Ende 1863 ein Patent erhalten auf die Erzeugung von Geschützrohren aus mehreren Röhren von Gusseisen, deren jedes für sich gegossen, gebohrt und abgedreht wird. — Die Röhren werden mit initialen Spannungen übereinander gebracht, wobei für die äusseren Schichten zugleich immer härteres und weniger ausdehnsames Material genommen wird. — Oft wird noch eine äusserste Schichte von Stahlreifen gebildet. — (London Journal of arts, Oktober 1864.) — Die einfache Verstärkung von Gusseisenröhren durch verhältnissmässig dünne Stahlreifen und bei fast durchaus sehr primitiven Verfahrungsweisen hat grösstentheils äusserst günstige Resultate geliefert. — Sie ist seit 1859 in Frankreich für alle alten Marinen und für die damals neu zu konstruirenden gusseisernen Hinterlader durch königl. Ordre vom 21. August desselben Jahres in Spanien für alle schweren gusseisernen Geschütze eingeführt worden.

Es mag dies als neuer Beleg gegen die Befürchtung dienen, dass die künstlich erzeugten Initialanstrengungen bald verloren gehen.

In dem Unbekanntsein mit diesen Resultaten von Seite des grössten Theiles der Zivil-Ingenieure mag wohl der Hauptgrund liegen, dass man die künstlichen Metallkonstruktionen bei Verfertigung von Presszylindern bisher so wenig verwendet hat.

Ich mache hier schliesslich darauf aufmerksam, sich zur Bereifung ja nicht weichen und sehr dehnbaren Schmiedeeisens zu bedienen, indem man mit demselben entweder nur eine sehr geringe Erhöhung des Nutzeffektes erreichen wird, oder der Elastizitätsgrenze in der Initialspannung so nahe kommen muss, dass hier die Befürchtung von dem baldigen Nachlassen dieser letzteren bei der Duktilität des Metalls vollkommen gerechtfertigt ist.

Eine Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze durch zufällige abnorme Erhöhung des hydrostatischen Druckes ist in solchem Falle um so nachtheiliger, als man hier nicht, wie z. B. bei momentaner Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze in einem Homogenzylinder darauf rechnen kann, dass die kräftige Reaktion noch weit von ihrer höchsten Spannung entfernter äusserer Schichten nach dem Anfhören des Ueberdruckes wieder die frühere Molekularlagerung herbeiführen werde.

Das Detail der Erzeugung von Rohren aus mehreren Theilen kann ich hier nicht behandeln und gehe direkt zu der 2. Hauptmethode über, durch welche man die oben geforderten initialen Anstrengungen hervorbringen wollte, die, wenn sie auch dieses ursprünglich gesetzte Ziel nicht einmal beiläufig realisiren konnte, doch von höchster Wichtigkeit ist durch die anderen Resultate, die man durch sie erreichte.

2. Die Rodman'sche Gussmethode.

Bei der gegenwärtig fast durchaus angewendeten Gussmethode von Presszylindern erfolgt deren Abkühlung beinahe nur von Aussen. Dadurch geschieht es, dass bei starken Zylindern die äussere Temperatur bereits so weit gesunken ist, dass die äusseren Schichten nicht mehr schwinden, während die innern Theile noch in flüssigem Zustande sind. Der Zusammenziehung der innern Schichten widerstehen dann die bereits erstarrten äussern Theile, wodurch eine Kompression dieser letzteren, und eine Spannung der ersteren entsteht.

Die Abkühlung starker Gussstücke von Aussen erzeugt also initiale Anstrengungen, welche denjenigen gerade entgegengesetzt sind, welche ein grosses Widerstandsvermögen gegen inneren Druck fordert, schwächt also die so erzeugten Zylinder.

Bei grossen, vollgegossenen Rohren kömmt es vor, dass der Zusammenhang des Innern durch diesen Widerstand der erstarrten äusseren Theile fast ganz aufgehoben ist. — In der Stärke von 6" — 8" bildet oft der Kern des Gussstückes eine lockere Masse kaum zusammenhängender Eisenkrystalle, oft so locker gruppirt, dass auf einem frisch geschnittenen Stücke Höhlungen mit freiem Auge nach allen Richtungen zu sehen sind und die ganze Masse so weich ist, dass man Stahlmeissel einige Zoll tief wie in Blei eintreiben kann.

Eine ähnliche Schwächung des inneren Theiles durch bloss äussere Abkühlung findet auch bei grossen, voll erzeugten Schmiedeisenmassen statt. — Um zu zeigen, wie weit diess gehen könne, gebe ich in Fig. 7 und Fig. 8 den Quer- und Längenschnitt eines Schmiedstücks, welches in England erzeugt wurde und zu einem Mörser verarbeitet werden sollte. — Bei 8' Länge hat dasselbe etwa 3' Durchmesser. — Fig. 8 zeigt die beiläufige Grenze des Theiles, der durch Sprünge von $\frac{1}{2}$" — 1" Breite der Form durchsetzt war, wie es Fig. 7 darstellt.

Die durch äussere Abkühlung hervorgebrachten nachtheiligen Spannungen und die dadurch bedingte Rohrschwäche nehmen nun freilich mit der Zeit bedeutend ab, so dass beispielsweise Geschützrohre, die erst nach Jahren in Verwendung kommen, eine bedeutend grössere Stärke zeigen als solche, die unmittelbar nach dem Gusse der Schussprobe unterzogen wurden. —

Die Zeit aber, in der erst eine beträchtliche Kraftzunahme erfolgt, ist so lang, und diese letztere so schwankend, dass man bei Erzeugung hydraulischer Pressen diesem Faktor eben keinen grossen Werth beilegen kann, und sich nach Mitteln umsehen muss, schädliche Anstrengungen gleich Anfangs zu vermeiden.

Der gegenwärtig nordamerikanische Major Rodman hat zuerst (1845) eine Methode vorgeschlagen und im Grossen durchgeführt, welche dieses Ziel in praktisch genügender Weise erreicht und speziell beim Gusse von gusseisernen Geschützrohren des grössten Kalibers glänzende Resultate geliefert hat.

Rodman's Verfahren besteht darin, dass der Guss über einen hohlen Kern erfolgt, gewöhnlich Eisen, durch den kontinuirlich ein Strom kalten Wassers zirkulirt, während die äussere Gussform so lange auf einer möglichst hohen Temperatur erhalten wird, bis die Abkühlung von Innen so weit vorgeschritten, dass ohne Nachtheil die Hitze aussen gemässigt werden kann.

Die Zuführung des kalten Wassers geschieht durch eine beiderseits offene Röhre, die bis nahe an den Boden des Kernes hinabreicht und mit dem Kerne konzentrisch ist. — In dem Zwischenraume beider

Röhren steigt das erwärmte Wasser auf und fliesst oben ab.

Durch diesen Vorgang erstarren die innern Schichten zuerst und die später erkaltenden äusseren Theile pressen die inneren zusammen, während sie selbst eine leichte Ausdehnung erleiden.

Könnte man das Entweichen aller Wärme nach aussen verhindern, so würden durch dieses Verfahren ähnliche Inizialanstrengungen entstehen, wie man sie durch die künstlichen Metallkonstrukzionen mittels Reifen und Draht zu erreichen sucht, Widerstandskraft und Nutzeffekt also ein bedeutend grösserer als bei einem nach der gebräuchlichen Art erzeugten Rohre sein.

Dieses Ziel hat sich auch Rodman ursprünglich gesetzt. Er sagt hierüber: „Hauptzweck meiner Verbesserung, wenn er auch nicht vollkommen erreicht wird, ist, die Theile des Geschützes in solche Spannungen und Pressungen zu versetzen, dass jeder der unendlich dünnen Zylinder, welche das Rohr bilden, dem innern Drucke gleichen Widerstand leisten.“ —

Das wurde nun freilich nicht erreicht, und ist bei unseren Kenntnissen von den Gesetzen, denen die Abkühlung der Metalle unter verschiedenen Umständen folgt, auch noch gar nicht möglich. — Dennoch genügen die bereits erhaltenen Resultate allein, um dieser Gussmethode in der Zukunft die ausgedehnteste Verwendung zu sichern.

Die Geschütze, welche nach der Rodman'schen Methode gegossen wurden, haben im Mittel eine zehnfach grössere Schusszahl ausgehalten als die nach dem gewöhnlichen Verfahren Erzeugten, und das Verhältniss zwischen dem erhaltenen Kraftzuwachs und den durch die neue Methode bedingten Mehrkosten war durchaus als ein sehr günstiges zu bezeichnen.

Das Rodman'sche Verfahren erlaubt überdiess die Verwendung sehr fester Gusseisensorten und den Guss von Zylindern mit wahrhaft riesigen Dimensionen. — Zur Bestätigung des letzteren mag Figur (10) dienen, deren obere Hälfte den halben Querschnitt durch das Rodman'sche 1000pfündige Geschütz, die untere Hälfte den Schnitt durch eine der stärksten hydraulischen Pressen, nämlich durch einen Zylinder, der bei Hebung der Britanniabrücke verwendeten, darstellt.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass dieses Gussprinzip auch bei Erzeugung von Presszylindern eine ausgedehnte Verwendung finden wird und man dadurch den einfachen Gusseisenzylinder weit über die im ersten Abschnitte gegebenen Grenzen hinaus wird anwenden können, umsomehr als man sich dabei der beim alten Verfahren verpönten festern Eisensorten bedienen kann.

Sind die Kernröhren bei Reifen- und Drahtkonstruktionen stark, so wird es gut sein, auch bei diesen die Abkühlung von Innen vorzunehmen.

Es ist sehr schwierig, das Entweichen von Hitze nach aussen vollständig zu verhindern. — In den äusseren Theilen eines nach Rodman gegossenen Zylinders ist daher immer, wenn auch in geringem Grade, eine Kompression der äussersten und eine Spannung der mehr nach innen liegenden Schichten vorhanden, in ähnlicher Weise wie diess beim gewöhnlichen Gusse stattfindet. — Man entgeht diesem Nachtheil auf die einfachste Art dadurch, dass man den Zylinder etwa um ein Drittel seiner nothwendigen Stärke dicker giesst und nach dem Erkalten auf die richtige Dimension abdreht.

In das Detail dieser Methode kann ich hier nicht eingehen. — Ein interessantes Beispiel ihrer Anwendung, der Guss des grössten bis jetzt erzeugten Rohres, des Rodman'schen 1000Pfünders (4 Klafter Länge, mehr als 1 Klafter äusseren Durchmesser und über 1000 Zentner Gewicht), findet man ziemlich ausführlich beschrieben in Dingler's polytechnischem Journal, Bd. CLXXVI pag. 280*).

In neuester Zeit wird das Prinzip der innern Abkühlung bereits in der verschiedensten Modifikation verwerthet und dadurch ausgedehnt, dass man dasselbe auch auf fertige Rohre anwendet, indem man dieselben nachträglich erhitzt und von Innen abkühlt, wobei der Wasserstrom zuweilen durch Oel oder durch einen Luftstrom ersetzt wird.

*) In demselben Bande p. 279 findet man auch eine Angabe über den vollkommen geglückten Guss eines gegen 350 Zentner schweren Presscylinders, nach dem Rodman'schen Verfahren.

Natürlich kann dieses Verfahren auch auf Schmiedeisen-Stahlröhren u. s. f. ausgedehnt werden, wobei man dadurch oft mehrere Zwecke zu erreichen sucht, so z. B. bei Abkühlung von Stahlröhren durch Oel ausser günstigen Initialspannungen noch sehr grosse absolute Festigkeit etc.

Jedenfalls hat diese Methode noch eine ausgebreitetere Verwendung zu hoffen, und ist dem Erfindungsgeiste auch in dieser Richtung noch ziemlicher Spielraum übrig.

Ich schliesse hiemit die Prinzipien der Verstärkung von Presszylindern, und werde nur noch im III. Abschnitt einige Punkte besprechen, deren Kenntniss für die praktische Ausführung starker Rohre unbedingt nöthig ist, und die früher, um nicht störend zu unterbrechen, übergangen werden mussten.

III.

1. Einfluss des festen Bodenverschlusses auf die Festigkeit in tangentialer Richtung.

Die Ableitung der Grundformeln im I. Abschnitte geschah unter der Annahme, dass der Zylinder beiderseits offen sei, sich also durchaus gleichförmig ausdehnen könne. — In der Praxis ist nun aber meist der Bodenverschluss fest mit dem zylindrischen Theile vorhanden, für diesen letzteren daher dann die erwähnte Annahme nicht zulässig, und die aufgestellten Formeln für ihn nicht mehr vollkommen richtig.

So viel mir bekannt, hat zuerst Scheffler im Organe für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1859 eine genäherte Untersuchung des Gleichgewichtszustandes von Zylindern mit festen Bodenverschlüssen veröffentlicht *). Die Aufstellung der für diesen Fall geltenden Grundgleichungen ist wohl an sich einfach, führt aber zu sehr weitläufigen Rechnungen und zu so komplizirten Schlussformeln, dass diese praktisch unbrauchbar sind.

Ich übergehe daher die allgemeine Untersuchung ganz und gebe nur jene Resultate derselben kurz an, die für unseren Zweck hier nöthig sind.

Zuerst ist wichtig zu wissen, dass, im Gegensatze zu der allgemein herrschenden Ansicht, **jeder feste Verschluss eines Zylinders von einiger Länge, an einem oder an beiden Enden, die Festigkeit des Zylinders in tangenzialer Richtung schwächt.**

Trennung des Bodens von dem zylindrischen Theile vermehrt also die Widerstandskraft dieses letzteren gegen inneren hydrostatischen Druck.

Die grösste Tangentialspannung, welche in einem Zylinder entsteht, der fest mit einem ebenen Boden verbunden ist, ergibt sich etwa um $^1/_{24}$ grösser als die Maximalspannung für den Fall, dass der Zylinder beiderseits offen ist.

Diese Schwächung des Zylinders wird noch geringer, wenn man statt des ebenen Verschlusses einen halbkugelförmigen oder ellipsoidischen Boden anwendet.

Diess zeigt, dass der Einfluss eines festen Bodenverschlusses auf die Festigkeit in tangenzialer Richtung so gering ist, dass man sich auch für diesen Fall der in I. aufgestellten Formeln bedienen kann.

2. Festigkeit der Presszylinder in der Richtung ihrer Achse.

Die Festigkeit von Zylindern in der Richtung der Achse wurde bisher unter der Voraussetzung berechnet, dass alle Theile seiner Masse eine Ausdehnung parallel zur Achse gleichmässig widerstehen. — Dadurch ergab sich natürlich diese **Festigkeit als proportional dem Querschnitte, und die Tragsicherheit gegen Längenausdehnung etwa viermal so gross als jene gegen Tangentialausdehnung.** — War also nur der Zylinder gegen Längenabreissung gesichert, so hatte man Ueberfluss an Stärke gegen Längenabreissung.

Dass trotz solch ungeheuerer theoretischer Sicherheit, besonders bei starken Pressen, gerade sehr oft ein Abreissen des Bodens eintrat, wusste man sich bald zurechtzulegen.

Robert Mallet, einer der ersten englischen Waffentechniker, gab eine ganz merkwürdige Erklärung dieses Umstandes, die ich hier nicht übergehen will, da sie erst in einer der letzten deutschen Ingenieur- und Architektenversammlungen reproduzirt wurde, und — unwiderlegt blieb.

*) Für unendlich dünne Wandstärken findet man auch eine Entwicklung in der Festigkeitslehre von Grashof. Berlin 1866

Mallet stellt zuerst allgemein den Satz auf, der auch durch Experimente als ziemlich richtig erwiesen ist, dass die Längsachsen der in erstarrenden Flüssigkeiten entstehenden Krystalle parallel zur Ausströmungsrichtung der entweichenden Wärme gelagert werden, im Allgemeinen also senkrecht zu der Oberfläche erkaltender Körper sind. — Die erkaltende Gusseisenmasse eines Presszylinders bildet daher Krystalle, welche demselben Gesetze folgen, sich also mit ihrer Längsachse senkrecht zu den zylindrischen Seitenflächen und zu den Begrenzungsebenen des Bodens stellen. — In dem Schnittkegel *ebcf* (Fig. 9) des zylindrischen Theiles und des Bodens schneiden sich nun die beiden Hauptrichtungen der Längenachsen der Krystalle; die Krystalle legen sich hier übereinander, verwirren sich, und es entsteht so eine bedeutende Schwächung senkrecht zu der erwähnten Fläche, also die Wahrscheinlichkeit eines Bruches nach derselben. — So weit Mallet und sein obenerwähnter Gesinnungsgenosse.

In dieser Erklärung der Bodenbrüche ist nun vor Allem ganz unklar, warum denn dadurch, dass die Krystalle „sich übereinander legen und verwirren", eine bedeutende Schwächung längs der erwähnten Flächen hervorgebracht werden solle; und vielleicht könnte man eben so gut auf das Gegentheil schliessen.

Aber ganz abgesehen davon, ist von einer durchgreifenden Krystallisation, wie selbe die Mallet'sche Erklärung voraussetzt, bei starken Gusseisenstücken gar keine Rede. — An der Oberfläche, die rascher Abkühlung, z. B. in nassem Sande, ausgesetzt ist, bildet sich wohl eine Schichte des sogenannten grellen weissen Roheisens, welche deutliche Krystallbildung zeigt, aber schon in geringer Tiefe geht bei gutem Gussmateriale dieses krystallinische Eisen in das sogenannte halbirte Eisen über, das keine Spur von Krystallbildung in der Form zeigt, wie sie Mallet voraussetzt, und der von ihm angegebene Grund der Schwäche der Presszylinder in longitudinaler Richtung ist daher entschieden unrichtig.

Die zweite Ursache, die man als Veranlassung der Bodenbrüche annimmt, und die in vielen Fällen auch wirklich den Hauptgrund derselben bildet, sind die durch äussere Abkühlung des Gussstückes verursachten Spannungen. — Durch das frühere Erstarren der äusseren Schichten werden die inneren mit bedeutender Kraft gegen die ersteren gezogen, die cylindrischen Flächen *bg*, *ci* unterliegen also einem starken Zuge in den Richtungen P (Fig. 9), die Bodenfläche einem Zuge in der Richtung P_1. — Dadurch entsteht längs des Kreises *bc* eine Tendenz zur Trennung, die oft so bedeutend ist, dass ein geringer innerer Druck Risse längs dieser Linie hervorbringt, wo dann bei stärkerem Drucke leicht die völlige Trennung des Bodens erfolgt. Man hat dieses besonders bei starken Wandungen und starkem Boden zu fürchten.

Diesem Uebelstand lässt sich abhelfen durch halbkugelförmige oder ellipsoidische Böden, oder durch die Rodman'sche Gussmethode.

Der eigentliche Grund, dass jeder Cylinder, ganz abgesehen von dem Einflusse der Abkühlung und Krystallisation in longitudinaler Richtung immer eine weit geringere Festigkeit zeigen wird als es obige Rechnung ergibt, und zwar um so geringer, je grösser die innere Lichtweite und je dicker die Wandungen sind, besteht darin: **dass in ähnlicher Weise wie die verschiedenen konzentrischen Schichten des Zylinders ungleich einer Erweiterung widerstehen, dieselben auch in ganz ungleicher Weise einer Ausdehnung in der Länge Widerstand leisten. — Die innersten Fasern des Zylinders werden auch die Grenze ihres Widerstandes gegen Längenausdehnung schon erreicht haben, während die äusseren noch weit davon entfernt sind, und zwar um so weiter, je stärker die Wände sind.**

Die in allen technischen Handbüchern gegebene und oben erwähnte Berechnung der longitudinalen Festigkeit ist daher vollkommen falsch und total zu verwerfen.

Dass das eben Gesagte richtig ist, zeigt eine halbwegs aufmerksame Betrachtung der wirkenden und widerstehenden Kräfte, welche dazu führt, dass der Querschnitt *abcd*, in welchem der Riss erfolgt, keineswegs gleichmässig, sondern exzentrisch belastet ist. — Und welch' rasche Herabminderung des Widerstandsvermögens solche exzentrische Belastungen zur Folge haben, hat Hodgkinson gezeigt.

Bei ebenem Boden ist natürlich der Einfluss des Bodendruckes am grössten, geringer wieder bei gekrümmten Verschlüssen.

Ohne hier in analytische Untersuchungen einzugehen, begnüge ich mich darauf hinzuweisen, dass bei starken Zylindern, besonders bei ebenem Boden und äusserer Abkühlung des Guss- oder Schmiedestücks, aus dem sie gebildet worden sind, man nie Sicherheit in Bezug der Festigkeit in longitudinaler Richtung hat, und man daher, wenn möglich, Boden und zylindrischen Theil getrennt erzeugen, und den ersteren mit dem Zylinder entweder so verbinden soll, dass alle Längsfasern desselben gleichmässig beansprucht werden oder die Festigkeit in der Richtung der Achse überhaupt auf die Presssäulen u. s. f. übertragen möge.

Bei schwächeren Zylindern bis zu etwa $n = 1,5$, bei der Rodman'schen Gussmethode und innern Dimensionen von höchstens 10″ — 12″ selbst bis zu $n = 1,8$ kann man aber bei Anwendung halbkugelförmiger oder ellipsoidischer Böden ganz unbesorgt diese und den cylindrischen Theil aus einem Stücke erzeugen.

c) Bestimmung der Tragsicherheit. (Sicherheitskoeffizient.)

Tragsicherheit (nach Reulaux) ist das Verhältniss der grössten Anstrengung, welche in einem Körper unter der Wirkung der bekannten äusseren Kräfte eintritt, zu dem Tragmodul.

Die Bestimmung dieses Koeffizienten ist von grösster Wichtigkeit für Theorie und Praxis, ja sie bildet den eigentlichen Knotenpunkt zwischen beiden, denn die richtige Wahl desselben ermöglicht erst eine fruchtbringende Verwerthung der theoretischen Resultate, und führt durch Verifikation der letzteren und der ihnen zu Grunde liegenden Hypothesen durch die Erfahrung zu praktisch nutzbringender Fortbildung der Theorie.

Leider ist eben in diesem Knotenpunkte eine solche Verknotung und Verwirrung, dass wir noch weit entfernt sind von dieser gegenseitigen Befruchtung zwischen Theorie und Praxis.

Dass dem so ist, trotz der immensen Zahl von Versuchsresultaten und Erfahrungen, welche der ungeheure Aufschwung der Technik in diesem Jahrhundert geliefert hat, und trotz dem doch immerhin achtungswerthen Stande der Festigkeitstheorie, liegt hauptsächlich in Folgendem:

In England wurde bis in die neueste Zeit fast durchaus die Sicherheit von Bau- und Maschinenkonstruktionen auf den Bruch bezogen. Ungeheuere Geld- und Arbeitskraft, die die ausgedehntesten Versuche nicht zu scheuen hatte und sich so von theoretischen Voruntersuchungen ziemlich unabhängig machen konnte, liessen daselbst die Mängel dieses Vorganges wenig fühlbar werden.

Anders war die Lage auf dem Kontinente. Bei den weit geringeren Mitteln, welche hier dem Ingenieur zu Gebote standen, musste sich rasch das Streben nach wenigstens annähernder theoretischer Form- und Grössenbestimmung Bahn brechen, und so hat sich besonders in Deutschland die gegenwärtige Festigkeitstheorie mit ihrer Basirung der Sicherheit auf die Elastizitätsgrenze rasch Geltung verschafft. — Leider, dass man auch darum, wie so oft in der Reaktion gegen ein System, das alleinstehend wohl fehlerhaft, dennoch des Guten in Menge enthält, zu weit gegangen ist, der Theorie einseitige und unberechtigte Ausdehnung gegeben, und von dem Verhalten der Konstruktionen ausserhalb der Elastizitätsgrenze, von der Sicherheit gegen den Bruch ganz Umgang genommen hat. —

So ist man bei uns glücklich dahin gelangt, dass jeder Bruchversuch als Nichtverständniss des Wesens der Theorie und Anhängen an eine alte, überlebte Methode betrachtet und als zwecklos und kostspielig mit Entschiedenheit perhorreszirt wird.

Unvermittelt stehen sich so zwei Methoden gegenüber, deren jede für sich ungenügend ist, und die nur in inniger Verbindung eines der wichtigsten technisch-wissenschaftlichen Gebiete zu gedeihlicher Entwicklung bringen können.

Es ist wahr, die blosse Berücksichtigung des Bruchs fordert für jede neue Konstruktionsform, für jedes von dem gebräuchlichen etwas stark abweichende Grössenverhältniss die ausgedehntesten Versuche, die doch, da sie immer auf eine verhältnissmässig geringe Zahl von Versuchsobjekten beschränkt bleiben müssen, nur zufällig zu den günstigsten Verhältnissen führen, und eben so wahr ist es, dass das Resultat solcher Versuche nur empirische Formeln sind, die nur innerhalb sehr geringer Grenzen gültig sind, und dass so für jeden neuen Fall wieder neue Versuchsserien nöthig werden.

Diese engbegrenzten Interpolationsformeln haben aber für den Praktiker in fast allen Fällen einen weit höheren Werth als die durch die gegenwärtige Theorie gegebenen Resultate, ausgenommen diese letzteren sind ebenfalls durch den Bruchversuch verifizirt, denn die blosse Basirung auf die Elastizitätsgrenze kann den rationellen Praktiker nie befriedigen, denn:

1. Die Theorie (ich spreche immer von der gegenwärtig gebräuchlichen, wie sie z. B. in Reulaux's Konstrukteur konsequent angewendet ist) erlaubt keinen Schluss auf die Sicherheit einer Konstruktion gegen den Bruch. Bei den ungeheuer schwankendon Verhältnissen zwischen Elastizitätsgrenze und Bruchgrenze*) und der Veränderlichkeit des Gesetzes zwischen Kraft und Wirkung, ausserhalb der ersteren, kann es geschehen, dass zwei Konstruktionen gleiche Sicherheit gegen Formveränderung bieten, dagegen die eine die halbe oder nur ein Drittel der Sicherheit gegen den Bruch als die zweite hat, ohne dass der Konstrukteur davon Kenntniss besitzt.

Der Praktiker wird so entschieden in sehr vielen Fällen von der theoretischen Formel ganz absehen, denn Sicherheit gegen Bruch ist ihm meist wichtiger als die gegen geringe Formänderung.

2. Die Theorie gründet sich auf die bekannten Navier'schen Hypothesen. Diese stimmen mit der Erfahrung nur in sehr einfachen Fällen überein. — Bei halbwegs komplizirten Formen (wozu schon die sogenannte T Form der Eisenträger gehört) und bei komplizirten Kraftwirkungen führt diese Theorie zu Resultaten, über deren Richtigkeit man sich auch annähernd keine Rechenschaft geben kann. Die Theorie verliert hier selbst den Werth, der ihr sonst bleibt, die immer nothwendigen Versuche in ihrer Zahl zu beschränken.

3. Die gegenwärtige Bestimmung des Tragkoeffizienten nimmt keine Rücksicht auf das Verhältniss der in einem Körper auftretenden Anstrengungen zu einander. So müsste man beispielsweise nach derselben bei einer hydraulischen Presse, in der das Prinzip der künstlichen Metallkonstruktionen realisirt ist, in der also eine Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze in allen Ringschichten gleichzeitig eintritt, denselben Sicherheitskoeffizienten nehmen wie bei einem Homogenzylinder aus einem Stück, in welchem momentane Ueberschreitungen der Elastizitätsgrenze in den innern Theilen durch die kräftige Reaktion der äusseren Schichten rasch kompensirt werden.

Dieses Sündenregister könnte ich noch beträchtlich vermehren, schliesse es aber lieber; mag doch jetzt schon Mancher Hass gegen alle Theorie überhaupt sehen, wo mich nur das Streben leitet, der Schematisirung entgegenzutreten, die sich besonders im deutschen Konstruktionswesen immer mehr geltend macht und der Manie, durch die künstlichsten und geschraubtesten Anschauungen die Reduktion auf konstante Tragkoeffizienten hervorzubringen.

Dieses letztere ist in seinem Wesen falsch und vollkommen verwerflich, denn die Sicherheit einer Konstruktion kann nimmer als blosse Funktion des Tragmoduls dargestellt werden, sondern muss modifizirt werden nach der Konstruktionsform und deren Grösse, nach der Angriffsdauer der wirkenden Kräfte und insbesondere nach dem Verhalten des verwendeten Materiales zwischen Elastizitätsgrenze und Bruchgrenze.

Dass bei Berücksichtigung dieser Faktoren der sich immer breiter machende kategorische Imperativ von der doppelten Tragsicherheit verschwinden muss, dass der ausführende Ingenieur ausser vielseitiger Erfahrung gründlichere mathematische und physikalische Kenntnisse wird besitzen müssen, als dies gegenwärtig grossentheils der Fall ist, indem dann das mechanische Substituiren in die Formeln eines in Taschenformat gebrachten, „ohne Kenntniss des höhern Kalküls verständlichen“ Allhelfers unmöglich wird, ist klar, aber eben auch nicht von grossem Nachtheil.

Hier ist nicht der Ort, um von der blossen Negation zu positiven Vorschlägen überzugehen, da diese letzteren ausgedehnte Betrachtungen theoretischer Natur und eingehende Erörterungen der bereits gewonnenen Versuchsresultate erfordern würden.

Man wird nach dem Gesagten von mir nicht erwarten, dass ich die Vorschrift von der doppelten Tragsicherheit als für hydraulische Pressen allgemein gültig als richtig annehme, noch dass ich selbe durch eine andere allgemeine und dann sicher ebenso un-

*) So schwankt nach Angabe Colburn's für Schmiedeisen allein das Verhältniss der Elasticitätsgrenze zur Bruchgrenze zwischen 1·5 und 4.

richtige Regel ersetzen werde. Die Intelligenz und Erfahrung des Konstrukteurs muss hier für gegebene Fälle die richtige Entscheidung treffen.

Um aber für Fälle, wo aus einem oder dem anderen Grunde eine selbstständige Bestimmung des Tragkoeffizienten für gegebene Verhältnisse nicht möglich ist, wenigstens halbwegs richtige Anhaltspunkte zu haben, gebe ich im Folgenden einige Grenzwerthe dieses Tragkoeffizienten für spezielle Fälle, bei deren Anwendung man, wenn der Werth des innern Druckes nicht sehr bedeutend und dauernd den in die Rechnung eingeführten Werth überschreitet, genügende Sicherheit gegen den Bruch hat.

Werthe des Tragkoeffizienten oder des Verhältnisses der praktischen Tragkraft zum Tragmodul (k):

1. Der Presszylinder aus einem Stück:

a) Gusseisen mittlerer Qualität, Abkühlung von aussen Metallstärke höchstens 10 Zoll . . $k = 2$
Gusseisen mittlerer Qualität, Abkühlung von aussen, Metallstärke über 10 Zoll . . . . $k = 2{,}5 - 3$
Gusseisen mittlerer Qualität, Abkühlung nach Rodman, Metallstärke unter 15 Zoll . . . . $k = 1.5$

b) Schmiedeisen, mittlerer Qualität, ziemlich duktil, bei Erzeugung nach den bessern, neuern Methoden, z. B. nach Hitchcoch . . . . $k = 1$
(Siehe Dingler's polytechn. Journal, Bd. CLXXVI, pag. 15). Nach den ältern Erzeugungsweisen, die zusammengezchweissten Eisenbarren parallel zur Zylinderachse . . . . $k = 1.5 - 2$

c) Weicher Gussstahl (Bessemerstahl und Krupp'scher Gussstahl) . . . $k = 1 - 1{,}5$

2. Presszylinder mit veränderlicher Elastizität oder Reifen- (Draht-) Konstruktion.

Wo der Presszylinder nur aus zwei bis drei konzentrischen Theilen von ziemlicher Stärke besteht, soll man die früher gegebenen Werthe um 10 bis 20 Prozent, bei Drahtkonstruktionen mit dünnem Zentralzylinder um 20 bis 30 Prozent erhöhen. Man hat diesen Punkt bisher ganz unberücksichtigt gelassen und ist dadurch zu übertriebener Schätzung des Werthes der künstlichen Metallkonstruktionen gelangt.

Wo es sich um Konstruktionen für sehr wichtige Zwecke handelt, wo durch Bruch des Presszylinders sehr bedeutende Verluste, vielleicht sogar an Menschenleben, entstehen können, wie diess z. B. bei den Pressen zur Hebung sehr schwerer Baukonstruktionstheile, bei den zum Stapellauf sehr grosser Schiffe verwendeten Pressen *) der Fall ist, soll immer die theoretische Stärke durch den Bruchversuch an einem oder mehreren Probe-Exemplaren verifizirt und korrigirt werden. Es wachsen dadurch freilich die Auslagen, aber man vermeidet dadurch wenigstens Zufälle der Art, wie sich beim Stapellauf des Leviathan und bei Hebung der Britanniabrücke ereigneten.

Ich schliesse hiemit. — Wurde vieles kürzer behandelt, als es wohl wünschenswerth wäre, manches Wichtige ganz weggelassen, so war diess durch die Grenzen dieses Aufsatzes bedingt.

Der hier behandelte Gegenstand ist nicht nur von grösster Wichtigkeit für die Erzeugung von Presszylindern, sondern die entwickelten Prinzipien bilden auch einen guten Theil der Grundlage für die Konstruktion von Geschützrohren, und ist daher auch in dieser Richtung, bei dem Umstande, dass die Geschützfabrikation schon grossentheils in die Hände der Privatindustrie übergeht, für den Zivil-Ingenieur von Bedeutung. —

So sehen wir auch bereits in England und Nordamerika die Zivil-Technik den regsten Antheil nehmen an der Fortbildung dieses Zweiges, und es ist an der Zeit, dass auch anderswo demselben, bei den ungeheueren Kapitalien, die er konsumirt, grössere und allgemeinere Aufmerksamkeit geschenkt werde.

In Deutschland „draussen" sind in jüngster Zeit in dieser Richtung sehr erfreuliche Fortschritte gemacht worden. Krupp betreibt die Geschützfabrikation im grossartigsten Massstabe, und auch bereits einige andere Etablissements, wie z B. die Maschinenfabrik Hartmann's in Chemnitz, richten sich dafür ein.

Möge es bei uns in Oesterreich auch in dieser Beziehung bald anders und besser werden.

Krems, im März 1866.

*) Dass man sich hier in nächster Zeit bedeutend stärkerer Pressen wird bedienen müssen als dies gegenwärtig der Fall ist, zeigt eine interessante Nachricht, die mir am Schlusse dieses Aufsatzes zukommt. — Am 17. d. M. wurde in England der Versuch gemacht, ein noch auf trockener Werfte befindliches Panzerschiff mit allen Eisenplatten zu versehen und dann erst vom Stapel zu lassen. — Als die riesige Masse den halben Weg zurückgelegt hatte, blieb sie mit halbem Rumpfe im Wasser stecken, und keine Kraft konnte sie zum Weitergehen bringen. — Man wartete nun bis zum Eintritte der nächsten Springfluth, um die Versuche zu wiederholen.

Abhandlung über die Befestigung der Böschungen von Strassen, Kanälen und Eisenbahnen.

Von **M. R. Bruère,** Sektionschef der französischen Ostbahn.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **12—17** und am Schlusse der Abhandlung.)

1. Die Befestigungsarbeiten, die man häufig besonders in thonhaltigem Terrain bei der Anlage von Einschnitten und Dämmen unternehmen muss, sollen den Zweck haben:

a) den Einstürzen vorzubeugen, welche die Böschungen erleiden könnten;

b) sofort und mit Oekonomie solche eingestürzten Böschungen wiederherzustellen.

2. Die Resultate, die wir unter den verschiedensten Verhältnissen nach einer mehrjährigen Erfahrung gewonnen haben, setzen uns in den Stand, die allgemeine Regel aufzustellen, dass es immer möglich ist den Einstürzen der Böschungen zuvorzukommen, und wir glauben in der Lage zu sein, die Behauptung auszusprechen, dass man bei richtiger Anwendung des Befestigungssystems, dessen nähere Entwicklung wir hier unternehmen, stets im Stande sein wird, den Unfällen vorzubeugen, welche bei und nach grossen Erdarbeiten häufig vorkommen.

3. Die vorbauenden Arbeiten müssen zwei hauptsächliche Bedingungen in sich vereinigen, nämlich Sicherheit und Sparsamkeit. Die erstere bedarf keiner Erklärung; um die Böschungen mit Sicherheit zu befestigen ist es augenscheinlich, dass man sich dazu der einfachsten und billigsten Mittel bedienen und keine Arbeit unternehmen wird, welche nicht absolut nothwendig ist, was man nur dann erwarten kann, wenn der Baumeister im Voraus von der Wichtigkeit der von ihm auszuführenden Arbeit durchdrungen ist und die Ursachen kennt, welche er bekämpfen soll.

4. Wenn man aus irgend welchen Ursachen der Entstehung der Einstürze nicht vorgebeugt hat, so sind Reparaturen unumgänglich nöthig. Die Arbeiten dieser Art müssen aber mit Geschwindigkeit ausgeführt werden, denn wenn sich ein Einsturz bildet, so können die Ursachen, die ihn hervorgebracht, noch vorhanden sein, und manchmal gesellen sich denselben noch andere von sehr grosser Bedeutung hinzu. Die Folge davon ist, dass in diesem Falle die zur rechten Zeit unternommenen Befestigungsarbeiten das Resultat haben, die Zunahme des Einsturzes zu verhindern, die Schwierigkeiten der Arbeit nicht zu vergrössern und folglich bedeutende Ausgaben zu vermeiden.

Die Geschwindigkeit, mit der man die Befestigungsarbeiten der eingestürzten Böschungen ausführt, erhält noch eine viel grössere Wichtigkeit, wenn es sich z. B. um Einschnitte oder Dämme bei einer im Betrieb stehenden Eisenbahn handelt, denn werden die Arbeiten dieser Art zweckmässig angeordnet, so wird man in kurzer Zeit die Uebelstände beseitigen, deren Ursache beinahe immer die Einstürze sind, und ausserdem benimmt man jeden Vorwand zu den Klagen und Beschwerden der Reisenden, deren Besorgniss bei dem Anblick eingestürzter Böschungen manchmal gerechtfertigt sind.

I. Abschnitt. Ueber die verschiedenen Befestigungssysteme.

5. Bevor wir die Beschreibung des Befestigungssystems unternehmen, zu dem uns unsere Erfahrungen und Beobachtungen geführt haben, dürfte es nothwendig sein diejenigen Systeme kurz zu besprechen, welche bisher im Gebrauche waren, und die Prinzipien kennen zu lernen, worauf sie sich stützten.

Dieser Abschnitt, welcher eine einfache Darstellung der Ansichten der Ingenieure und der von ihnen angewendeten Mittel enthält, um die Festigkeit der Böschungen zu erreichen, wird jenem Theile, welcher besonders der Beschreibung unseres Systems gewidmet ist, so zu sagen, als Einleitung dienen.

6. Die Erklärungen, welche man bisher über die Ursachen der Einstürze gegeben, reduciren sich im Allgemeinen auf zwei, die sich auf folgende Weise formuliren lassen:

a) die Einstürze werden durch die Wirkung der Schwere hervorgebracht, oder

b) sie entstehen durch die Wirkung der innern Gewässer und der atmosphärischen Einflüsse.

Die erste Ansicht, welche die älteste ist und von sehr ausgezeichneten Ingenieuren ausgesprochen wurde, hat vielleicht die meisten Anhänger. Um sie gründlich kennen zu lernen, führen wir die Erklärungen an, welche zwei hervorragende Ingenieure darüber gegeben haben.

7. Der Oberingenieur des Wasser- und Strassenbaues Collin hat in einer merkwürdigen Schrift über „die spontanen Abrutschungen der thonhaltigen Erdarten" zu beweisen gesucht, dass die Einstürze von selbst durch die Wirkung der Schwere entstehen; ausserdem hat er sich Mühe gegeben die Form des Abhanges (glacis) zu bestimmen, wenn sich Einstürze ergeben haben, um zu beweisen, dass die Abrutschungsflächen nicht schon früher vorhanden waren.

Für den Augenblick ist es unnütz die beiden letztern dieser drei Ansichten zu entwickeln, welche übrigens nur die Folge der ersteren zu sein scheinen. Wir werden uns demnach darauf beschränken, einige Stellen anzuführen, aus denen wir das Hauptprinzip von Collins Theorie werden kennen lernen. Er sagt Seite 16 seiner angeführten Schrift:

„Der Gegenstand dieser Schrift ist: durch zahlreiche und methodisch gewählte Thatsachen den Beweis zu führen, dass eine thonhaltige Masse, wenn sie aus irgend einer nach einigen Momenten aufhörenden Ursache aus ihrem Gleichgewichts- und Ruhestand getreten ist, in einen neuen Zustand des Gleichgewichts zurückkehrt, wenn die anfängliche Ursache durch die Richtung, welche die wenigste Zeit erfordert, aufgehört hat, denn es ist kein Grund vorhanden, dass wenn diese durch die Schwere zur Bewegung angeregte und ihrem unaufhörlichen Einflusse folgende Masse in der kürzesten Zeit nicht in einen Gleichgewichts- und Ruhestand zurückkehrt, sie nicht eine Richtung und eine willkührliche Geschwindigkeit annehme, welche absolut nur vom Zufall abhängt."

Dieser Behauptung folgt unmittelbar eine Beweisführung, aus welcher leicht zu ersehen ist, dass Collin immer von der Voraussetzung ausgeht, dass die von ihm in Betrachtung genommenen Massen sich in einem unbeständigen Gleichgewichtszustande befinden. Diesem Ingenieur zufolge sind die durch die innern Gewässer und die atmosphärischen Einflüsse entstehenden Wirkungen nur Verhältnissen zuzuschreiben, welche ganz zufällig und von untergeordneter Bedeutung sind.

„In allen Fällen ist es die Wirkung der Schwere, welche die Störung des Gleichgewichts veranlasst, denn die Vernichtung der Kohäsion, welche entweder durch die Zeit oder durch zufällige Ursachen erzeugt wird, zeigt im vorliegenden Falle nur einen passiven Zustand; der Schwere allein sind die sich darstellenden fortschreitenden Bewegungen und das eigentliche Abrutschen zuzuschreiben. Es ist daher logisch anzunehmen, dass man bei der Wesenseinheit der zerstörenden Ursachen des Gleichgewichts in beiden Fällen dieselbe Uebereinstimmung zwischen den dynamischen Resultaten wiederfinden muss, wenn alle materiellen Verhältnisse des Problems dieselben sind. Dies ist auch die Ursache, wie wir aus den folgenden Abschnitten ersehen werden, warum die Grund- und oberflächlichen Abrutschungen dieselbe Beschaffenheit zu haben scheinen, und dass zwischen ihnen in Bezug auf die materielle Form die auffallendste Aehnlichkeit besteht."

Bei Besprechung der Einstürze des Einschnittes bei Hesse in der Theilungshaltung der Vogesen theilt er die folgenden Betrachtungen mit:

„Es ist dies eines der schönsten von uns gesammelten Beispiele. Man hat die Einstürze der Böschungen dieses Einschnittes dadurch erklärt, dass die abrutschende Masse durch das Eindringen der innern Gewässer aufgeweicht wurde, das wahrscheinlich eine der Hauptursachen dieser Störungen ist; ferner bemerkte man an den Böschungen dünne Durchsickerungen, und eine 500^m0 entfernt gelegene reichliche Quelle versiegte durch die Vertiefung des Einschnittes. Die unterirdische Ableitung der benachbarten Quellen musste natürlich in höherem oder minderm Masse auf die Entstehung dieses Unfalles hinwirken; darüber kann kein Zweifel obwalten, und es frägt sich nur, ob sie nicht allein die Ursache dazu war, oder mit andern Worten, könnte die Abrutschung erfolgt sein, wenn man auch von ihrer Kraft absieht? Es lässt sich darauf erwidern, dass die Abrutschung unabhängig von der Wirkung der Quellen erfolgen könne, dass aber in solcher Voraussetzung die Störung erst in einer viel längeren Zeit vor sich gegangen wäre.

Diese Citate genügen zur Kenntnissnahme der Ideen Collin's und zur Voraussicht der Methode, die er befolgt, um die Befestigung der Böschungen zu bewirken. Dessen ungeachtet glauben wir noch eine Stelle anführen zu müssen, welche Bezug hat auf die Entstehungsart der Einstürze.

„Das erste Zeichen einer Abrutschung ist eine Reihe von Rissen, die an dem Gipfel der Böschung und in der Längenrichtung der Böschungen entstehen. Diese Risse oder Spalten sind mehr oder minder zahlreich, mehr oder minder regelmässig, mehr oder minder breit und tief. Alle diese Elemente hängen wesentlich von dem Wesen der Rutschung ab, das an sich selbst eine complexe Funktion der Stärke der Böschung, der Beschaffenheit des Terrains u. s. w. ist.“

„Die obere Kante dieser Böschung am Anfange der Risse senkt sich sehr merklich. Die Grösse der Senkung, die dazu erforderliche Zeit hängen ebenfalls von dem Gange der Abrutschung ab; gleichwohl zeigen sich diese Senkungen beinahe augenblicklich bis zu einer gewissen Grenze und die Massen setzen dann mehrere Tage hindurch langsam ihre niederwärts gehende Bewegung fort. Wir werden am gehörigen Orte einige Beispiele von der Geschwindigkeit dieser Massen anführen. Die Oberfläche der rutschenden Böschung behält ihre anfängliche Regelmässigkeit nicht bei, sie verändert sich, wird wellenförmig, spaltet sich nach allen Richtungen und besonders in einer Richtung senkrecht auf die Linie des grössten Gefälles, und zeigt dann die Veränderungen, die man auf den die Abhandlung begleitenden Zeichnungen wahrnehmen kann.“

„Nach einiger Zeit, nach einem, nach zwei, drei oder mehreren Tagen, hört die Bewegung auf; die abgerutschte Masse ist aus einem unbeständigen Gleichgewichtszustande zu einem definitiven oder demselben gleichenden Gleichgewichtsstande gelangt.“

„Erfolgt während der Bewegung ein Regen, so ist die Beschleunigung der Geschwindigkeit der Masse sehr merklich und das schliessliche Gleichgewicht wird um so eher erreicht; indessen kann der zurückgelegte Weg der Abrutschung bei diesem Umstande bedeutender sein, wenn man Rücksicht auf die Grösse der Bewegung nimmt, welche die Masse annimmt und welche eine Funktion der Geschwindigkeit dieser Masse ist, wenn übrigens alle Verhältnisse gleich sind.“

„Es ist übrigens leicht begreiflich, dass während der Periode der Bewegung das zwischen der rutschenden Masse und dem als geneigte Ebene dienenden passiven Terrain eindringende Regenwasser die Adhärenz und die Reibung vermindert und dass die Bewegung dadurch leichter gemacht und die Geschwindigkeit grösser wird, dass auch diese Masse um so schneller zu einem definitiven Gleichgewicht gelangt. Der Einfluss des Regens hat auch noch die Folge, dass das Erdreich der sich bewegenden Masse verdünnt wird, so dass es je nach seiner Beschaffenheit, nach der Stärke und Dauer des Regens oder der Strömung des Wassers mehr oder minder flüssig wird.“

„Wir betrachten diese letzte Wirkung nicht als einen exklusiven Charakter dieser Erscheinungen; es ist bekannt, dass die Durchsickerung der natürlichen oder künstlichen Gewässer in einer hinreichend kompakten Erdmasse in der Art kaum stattfinden kann, dass sie flüssig wird und dass dieser letzte Zustand nur in beweglichen oder enthäuften (zersetzten) Erdarten vorkommen wird; nun ist dies die gewöhnlichste aber nicht ausschliessliche Form, unter der sich die erdigen Massen bei den Abrutschungen zeigen, weil die fortschreitende Bewegung dieser Massen auf der krummen Oberfläche nothwendiger Weise eine Verschiebung und eine fragmentare Enthäufung zum Resultat hat, welche die Einsickerung des Wassers zum Nachtheil der Kohäsion und der eigenen Flüssigkeit dieser Massen begünstigen.“

8. Dieselbe Ansicht, Unbeständigkeit der Massen und in Folge dessen die Wirkung der Schwere bei dem Phänomen der Abrutschungen wurde von Neuem ausgesprochen einige Jahre vor dem Erscheinen von Collin's Werke von Chaperon, Oberingenieur des Wasser- und Strassenbaues und Direktor der Eisenbahn nach Lyon.

In einem durch die Annales des Ponts et Chaussées veröffentlichten Memoire: Bemerkungen über die Abhandlung von Sazilly, gibt Chaperon eine Erklärung, die mit der von Collin ausgesprochenen wesentlich übereinstimmt. Nachdem er mit wenigen Worten die Methode von Sazilly dargestellt und deren Unzulänglichkeit angedeutet, drückt sich Chaperon folgendermassen aus:

„Wenn man mit Aufmerksamkeit die Form des Terrains der thonhaltigen Hügel betrachtet, so erkennt

man, dass sich das jetzige Relief des Bodens erst in Folge einer Jahrhunderte langen Bewegung der obern Schichte gebildet hat und dass die ganze Masse nur ein unbeständiges Gleichgewicht zeigt, das häufig in Folge von Thauwetter und langen Regengüssen gestört wird. Dieses flüchtige Gleichgewicht erhält sich nur unter der Bedingung, dass die obern Theile ihren Stützpunkt an den untern Theilen des Terrains finden, so dass es durch die geringste Veränderung in dem Relief des Bodens aufgehoben wird."

Wenn man in einem solchen Terrain einen auch noch so wenig tiefen Einschnitt gräbt, so werden die Gleichgewichtsverhältnisse plötzlich unterbrochen und es finden Bewegungen statt, wenn auch nicht in dem Moment der Operation selbst, wohl aber nach einer längern oder kürzern Zeit, wenn Regen oder Thauwetter den Thon erweichen konnten und die Kohäsion desselben verminderten. Das auf den Boden fallende Regenwasser findet in der That immer Spalten oder durchlassende Schichten, durch welche es in das Innere der thonhaltigen Massen eindringt, deren Festigkeit also in gewissen Epochen bedeutend vermindert wird."

„Die Unterbrechung des Gleichgewichts der lehmhaltenden Massen ist nach unserer Ansicht die vorwiegende Ursache der grossen Einstürze und Abrutschungen auf grosse Distanzen, welche so oft die Folge der Eröffnung von Einschnitten in den sanften Abhängen der thonhaltigen Terrains sind."

Nach dieser Erklärung, welche sich hauptsächlich auf die Einstürze bezieht, spricht Chaperon über die Aufträge oder Dämme folgendermassen:

„Die Bedingungen des Gleichgewichts werden nicht minder gestört, wenn man auf einem abhängigen thonhaltigen Boden einen Damm aufführt, wie z. B. der von Cambe-la-Ville auf der Bahn von Paris nach Lyon. Um diese Bewegung zu erklären, braucht man nicht die Wirkung des Regenwassers (das seinen Abzug nicht gefunden hätte) in's Spiel zu bringen,*) denn in der That floss dasselbe aufwärts vom Damm nach einem unter der Eisenbahn angebrachten Durchlass; es ist viel natürlicher und mit der Beobachtung von Thatsachen übereinstimmender anzunehmen, dass die Abrutschung eine Folge der Vermehrung der Last war, die durch den Auftrag entstand, welcher das untere Terrain nicht mehr zu widerstehen im Stande war, als die innern Thonschichten durch die Zunahme der Quellen erweicht waren. Der untere Boden hob sich und bewegte sich gleichzeitig nach dem Thal hinab; man belastete ihn mit einer Schicht des Auftrages und sicherte den Fuss mittels einer starken Mauer, die man in einiger Entfernung auf einem vollkommen festen Boden errichtete."

Die von Chaperon empfohlenen und im weiteren Verlaufe von uns angegebenen Befestigungsmethoden beweisen nebst der vorstehenden Erklärung hinlänglich, dass man es nach seiner Ansicht anerkennen muss, dass die Schwere die hauptsächlichste Ursache der Einstürze ist.

9. Wir haben nun noch die Gründe kennen zu lernen, die man angeführt hat, um die zweite Art der Erklärung der Einstürze zu beweisen, dass sie nämlich durch die Wirkung des innern Wassers und der atmosphärischen Einflüsse hervorgebracht werden. Diese im Jahre 1847 von neuem von Sazilly aufgeworfene Meinung wurde in einem Memoire der Annales des Ponts et Chaussées weiter entwickelt, wo es auf Seite 92 heisst: „Wenn der in seinem natürlichen Zustande gewöhnlich feuchte Lehm zu Tage gebracht und der Luft ausgesetzt wird, so verändert die Oberfläche in grösserer und geringerer Stärke sofort ihr Volum, zieht sich zusammen oder bläht sich auf, je nachdem sie die Feuchtigkeit verliert oder absorbirt, d. h. je nach dem hygrometrischen Zustande und der Temperatur der Atmosphäre; die mehr oder minder tiefen Risse, welche durch die der Trockenheit zu verdankende Zusammenziehung entstehen, absorbiren das Regen- oder das Schneewasser, und das auf gewisse Tiefen eindringende Wasser erweicht die Masse, vergrössert ihr Volum und kann also die Ursache ihres Einsturzes werden."

„Indessen verhält es sich nicht so, dass gewöhnlich die grossen Einstürze, von denen wir unter Nr. 1 einige Folgen angegeben, entstehen. Wenn in der That die Einstürze nur die direkten und unmittelbaren Folgen der atmosphärischen Einflüsse auf die Böschungen sind, so dringen sie im Allgemeinen nicht so tief in die Masse ein, und es könnte der Uebelstand gewöhnlich nur durch allmählige Einstürze bedeutende Verhältnisse erreichen."

*) Vergl. das Memoire von Sazilly. S. 91.

„Beinahe immer liegt die Lehmmasse unter einer mehr oder minder durchdringlichen Erdschichte, so dass das Regen- und Schneewasser durch dieselbe dringt und über dem Lehm eine mehr oder minder bedeutende Wasserschicht bildet, was von der Wassermenge, der Jahreszeit, der Natur und dem Zustand des obern Bodens, der Ausdehnung und Form des Bassins u. s. w. abhängt."

„Gewöhnlich fliesst diese Wasserschicht dem Wasserlaufe zu, der den niedrigsten Boden des Thales bildet; oft aber besteht sie nur einen Theil des Jahres hindurch und erscheint periodisch wieder nach jedem reichlichen Regen oder Schneeschmelzen."

„Wenn man unter solchen Verhältnissen einen Einschnitt eröffnet, so wird das unterirdische Wasser, das sich in die von atmosphärischen Einflüssen an der Oberfläche der Böschungen gebildeten Risse und Spalten verliert, diese Oberfläche mehr oder minder tief erweichen, und da sich diese Erweichung nach und nach der ganzen Masse mittheilt, so entsteht ein Einsturz."

„Manchmal entsteht ein einfacher theilweiser Einsturz, wie in Fig. 1 (Blatt 12). In diesem Falle war immer eine Spalte cbc' zwischen dem obern Theil des Abrutschungsprisma und der Böschungserde vorhanden; das Wasser der Wasserschicht fliesst durch diese Spalte und wird wegen der Undurchdringlichkeit des davor liegenden Lehms daselbst stagnirend, so dass es auf diesen schon dislocirten Lehm einen Druck ausübt und seine Erweichung fortsetzt, während es gleichzeitig die noch nicht in Bewegung gesetzte Masse erweicht und der Einsturz bald in sehr grossem Maasse hervorgebracht wird."

Um die grösste Anzahl und die grössere Wichtigkeit der in Folge von Thauwetter entstehenden Einstürze kennen zu lernen, fährt Sazilly im weitern Verlaufe fort:

„Da die Fröste gewöhnlich nur nach stärkern oder schwächern Regengüssen eintreten, so ist die Wasserschicht, die sich über dem Lehm befindet, im Moment des Frostes auch ziemlich reichlich; vor der Herstellung des Einschnittes konnte dieses Wasser unterirdisch gegen den in der Tiefe des Thales laufenden Bach abfliessen, ohne dass der Frost dagegen Widerstand leisten konnte; durch den Einschnitt hat sich der Stand der Dinge geändert, der Ausfluss der Schicht nn' wird durch den Frost bald verstopft; das Wasser häuft sich an dem Theil des durchdringlichen Terrains an, welcher vom Froste noch nicht angegriffen war und übt auf die Böschung und die untere Lehmmasse einen Druck aus, der um so stärker ist, als die Wasserschicht eine grössere Stärke besitzt und wahrscheinlich auch als sie von einer grösseren Höhe herabkommt. Während der Dauer des Frostes wird dieser Druck wegen der grossen Kohäsion, welche die Böschung in der gefrornen Schicht besitzt, wohl nicht den Einsturz veranlassen, das Resultat davon aber wird immer das sein, dass die Lehmmasse, da wo sie der Frost nicht erreicht hat, mehr oder minder erweicht wird. Tritt nun das Thauwetter mit Regen, Schneeschmelzen oder wenigstens bei einer sehr feuchten Luft ein, so erweicht sich der gefrorne Theil der Böschungen, welcher vorher eine grosse Dichtigkeit besass, unter diesem Einfluss und dem der innern ihren Abfluss beginnenden Gewässer plötzlich, und es ist ein Einsturz leicht begreiflich."

Man findet vielleicht unsere Citate zu zahlreich und zu ausgedehnt, indessen erachten wir es für unsere Pflicht, die von den ausgezeichnetsten Ingenieuren, welche sich mit den Befestigungsarbeiten der thonhaltigen Böschungen beschäftigt haben, angenommenen Prinzipien so genau als möglich darzustellen.

10. Aus dem Vorstehenden ersehen wir, dass die Herren Collin und Chaperon die Ursache der Einstürze der Schwere zuschreiben, und dass Herr Sazilly darin immer nur die Wirkungen des Wassers, hauptsächlich des innern Wassers erblickt.

Inzwischen muss bemerkt werden, dass die Meinung Chaperons wesentlich von der Collin's abweicht; der erste anerkennt die erweichende Wirkung des Wassers, die Verminderung der Kohäsion, bevor sich die Wirkungen der Schwere gezeigt haben. Collin dagegen nimmt an, dass sich die Wirkung der Schwere zuerst offenbaret, dass die Enthäufung (Désagregation), die durch die Bewegung der Massen entsteht, eine Verminderung des Zusammenhanges der Erde zur Folge hat, welche erst nach dieser Enthäufung bei der Berührung mit Wasser flüssig wird.

Die Meinung Chaperons weicht von der des Sazilly, im Prinzip wenigstens, nur insoferne ab, dass der letztere nur die Wirkung des Wassers auf die thonhaltigen Massen anerkennt, während Chaperon be-

hauptet, dass sich die Terrains, welche einstürzen sollen, vor der Wirkung des Regen- oder Durchsickerungswassers in einem unbeständigen Gleichgewichtszustand befanden.

Befestigungsmethoden.

11. Da die Einstürze, Böschungen, hauptsächlich bei thonhaltenden Gebilden, im Allgemeinen auf die eine oder die andere der im Vorstehenden besprochenen Ursachen bezogen werden, so folgt daraus nothwendiger Weise, dass die Mittel zur Befestigung auch zweierlei Art sind.

Wenn man anerkennt, dass die vorwiegende Ursache der Einstürze in der Wirkung der Schwere liegt, so ist es offenbar, dass man darauf geführt wird die Wirkung dieser Kraft zu neutralisiren, indem man ihr Massen entgegenstellt, welche so konstruirt sind, dass dadurch das Gleichgewicht wiederhergestellt wird, das man in Folge der Eröffnung der Einschnitte oder der Auffüllung der Dämme gestört zu haben glaubt.

Wenn man dagegen annimmt, dass das Wasser die alleinige Ursache der Einstürze ist, weil es das Erdreich erweicht und ihm die Kohäsion raubt, mit der es von der Natur begabt ist, so wird man nothwendiger Weise auf solche Mittel geführt, welche geeignet sind, das Wasser zu sammeln und ihm eine passende Richtung zu geben, bevor es auf die Stabilität eine schädliche Wirkung ausüben kann.

12. Die zur Befestigung der Böschungen anzuwendenden Mittel sind also zweierlei Art:

1. Befestigungsmittel durch Unterstützung.
2. „ „ Trockenlegung.

Befestigungsmittel durch Unterstützung.

13. Strebepfeiler von Collin. — Sie werden zu dem einzigen Zwecke erbaut, der Wirkung der Schwere Widerstand zu leisten und sind zweierlei Art:

1. Einfache Strebepfeiler.
2. Strebepfeiler mit Entlastungsbogen.

Die einfachen Strebepfeiler haben entweder ebene Seitenflächen oder sie sind in Absätzen erbaut; der Unterschied zwischen beiden besteht darin, dass die erstern ihrer ganzen Fläche nach eine gleichmässige Stärke haben (Fig. 2.), während die andern anstatt der oberen Seitenflächen mit Absätzen von circa 0^m25 versehen sind, deren Kante normal auf die Abrutschungsfläche gerichtet ist (Fig. 3).

Diese von trocknen Steinen in horizontalen Schichten aufgeführten Strebepfeiler werden im festen Terrain durch Stufen verbunden, wie in Fig. 4 zu sehen ist.

Collin empfiehlt besonders die zweite Art vorzugsweise vor der ersten, weil wegen der Anordnung der Seitenflächen der Reibungswiderstand, den sie dem Rutschen der zwischen zwei nebeneinander stehenden enthaltenen Erdprismen entgegensetzen, weit grösser ist als der, den man durch Strebepfeiler mit parallelen ebenen Flächen erreicht; er ist selbst der Meinung, dass die Widerstandsfähigkeit mehr als die doppelte ist, wenn man Strebepfeiler mit Absätzen anwendet; auch findet er in ökonomischer Beziehung Vortheile hierbei.

Die Strebepfeiler von der einen oder der andern Art haben dasselbe Volum, weil die mittlere Stärke dieselbe ist; diejenigen aber, welche mit Absätzen versehen sind, bieten mehr Widerstandsfähigkeit dar und man kann sie daher in weitern Entfernungen errichten.

14. Strebepfeiler mit Entlastungsbogen. — In den schwierigsten Fällen, wenn man glaubt, dass die zwischen zwei nebeneinander stehenden Strebepfeilern gelegenen Erdprismen nicht Festigkeit genug besitzen, um sich, selbst mit Hülfe der Widerstandsfähigkeit, die man durch eine zweckmässige Anordnung der Strebepfeiler erreicht, zu erhalten, so ist Collin der Meinung, nach Fig. 6 u. 7 Entlastungsgewölbe anzulegen.

Sind die Böschungen höher, so kann die eben erwähnte Anordnung nicht mehr ausreichen; es ist alsdann nothwendig zwei oder drei solcher Bogen statt eines einzigen zu erbauen und die Stärke der Strebepfeiler zu vergrössern, wie in Fig. 8 angedeutet ist.

Diess sind die von Collin angenommenen Befestigungsmittel, um entweder Einstürzen vorzubeugen oder sie zu repariren.

Als vorbeugendes Mittel hat die Konstruktion der mit Entlastungsbogen versehenen oder nicht versehenen Strebepfeiler keine grossen Schwierigkeiten für die Befestigung eines Dammes. Wenn es sich um Abtragböschungen handelt, so ist Collin des Glaubens, dass die Herstellung der Entlastungsbogen eine sehr schwierige und kostspielige Arbeit sei, ist übri-

gens der Meinnng, dass einfache Strebepfeiler hinreichend sind.

15. Wenn man sich vornimmt die Böschungen eines in der Ausführung begriffenen Einschnittes vorsorglich zu befestigen, so glanbt Collin diesen Zweck mittels einfacher bruchstückweiser und vollständiger Strebepfeiler zu erreichen.

16. Die Reparatur eingestürzter Böschungen von Einschnitten oder Aufträgen erzielt man durch Strebepfeiler nach §§. 13 u. 14 (Fig. 5). Man beginnt zuerst mit der Ausgrabung für die Strebepfeiler, welche vor der Wegnahme der ganzen Einstürzungsmasse konstruirt werden müssen. Die eingestürzte Erde wird dann nach und nach zwischen den Strebepfeilern durch herbeigeschaffte und sorgfältig gestampfte Erde ersetzt.

17. Stützmauern. — Bei Veröffentlichung der Notiz Chaperon's, von der wir verstehend einige Citate angeführt, wurden keine genanen Regeln für die Befestigung der thonhaltenden Böschungen gegeben; er beschränkt sich auf den Ausspruch, dass er, um die Bewegung der eingestürzten Erden aufzuhalten oder Einstürzen vorzubougen, nicht glaubt, dass es ein anderes Mittel gäbe als das Gleichgewicht der Massen mittels Strebepfeiler oder Stützmauern aus trockenen Steinen von grosser Stärke herzustellen, die man bis auf eine gewisse Höhe anfführt, so dass man den obern Theil der Böschungen zweckmässig sanfter anlegen kann.

18. In dem neuen Portefeuille des Ingenieurs von Perdonnet und Polonceau liest man im Texte S. 133 Folgendes: „Anf der Strassburger Bahn hat man der Böschung eine sehr schwache Neigung gegeben und ihren Fuss durch eine trockene Mauer von grosser Stärke mit sehr nahe aneinander gelegenen Spornen unterstützt (Fig. 9). Auf der Bahn nach Lyon wurden die trockenen Steinmauern durch Mörtelmauerwerk ersetzt, jedoch von einer Mauer aus trockenen Steinen rückwärts und von Steinwürfen unterstützt, die in gewissen Entfernungen durch das Mörtelmauerwerk gehen. Die Anwendnng des treckenen Steines hat den Zweck, den Abfluss des Wassers zu erleichtern, das in die Erde dringt.“

19. Bekleidung mit Mauerwerk. — Die gemanerten Bekleidungen werden gewöhnlich aus trockenen Steinen hergestellt, und nur dann wendet man Bruchsteine mit Mörtel an, wenn die Böschnngen viel steiler sind als die beim Eisenbahnbau gewöhnlich angenemmenen. Wir werden uns also mit den Baulichkeiten dieser Art nicht einlassen, die für unsern Gegenstand nicht geeignet sind.

20. Die Bekleidungen aus trockenen Steinen haben gewöhnlich eine Stärke ven 0^m30 bis 0^m40; manchmal ordnet man sie so an, dass die Stärke von der Krone bis zum Fusse znnimmt, was sich nach der Neigung der Böschungen richtet; nach Sazilly nimmt man gewöhnlich an, dass die Zunahme 0^m05 für eine $1^1/_2$füssige Böschung und 0^m10 für eine $^1/_2$füssige Böschung (1^m0 Anlage auf 3^m0 Höhe) sein muss.

Es geschieht sehr häufig, dass einfache Bekleidnngen als ungenügend anerkannt wurden und es für nothwendig erachtet wird, sie auf verschiedene Weise mittels Nebenwerke zu modifiziren, wodurch sie verstärkt werden. So hat man auf der Versailler Bahn (linkes Ufer) auf die Böschung eine Mauer aus trockenen Steinen mit Spornen an den gefährlichsten Punkten gelegt (Fig. 10).

21. Tunnels. — Es ereignet sich manchmal, dass die beschriebenen wirksamen Mittel nicht für hinlänglich erachtet werden. So wurde ein Theil des Einschnittes von Aleuetto bei Vierzon (Zentralbahn) mittels eines fortlaufenden gemauerten Gewölbes konsolidirt. Die Länge des Tunnels war 1235^m0, als Sazilly die Befestigung der Böschungen des übrigen Theils des Einschnittes dnrch Entwässerungsrinnen unternahm.

Eine Arbeit derselbon Art wurde ver einiger Zeit behufs der Befestigung eines Einschnittes auf der Linie von Paris nach Mühlhausen ausgeführt.

Entwässernngssysteme.

22. System des Herrn v. Sazilly. — Die ven Sazilly angewendeten Mittel zur Befestigung der Böschungen sollen nothwendigerweise nur zum Zweck haben, die thonhaltenden Terrains vor den Wirkungen der Feuchtigkeit zu schützen und sie den atmosphärischen Einflüssen zu entziehen, welche die Wirkung des Wassers auf das Erdreich dieser Art so mächtig begünstigen.

Um diesen Zweck zu erreichen, bemüht er sich das Einsickerungswasser der Art zu sammeln, dass es keine zerstörende Wirkung auf das Erdreich ausüben

könne, und dann schützt er die Oberfläche der Böschungen mittels einer Verkleidung vor atmosphärischen Einflüssen. Aus diesem Grunde zerfallen die Arbeiten Sazilly's zur Befestigung der Böschungen in zwei Arten:

1. Trockenlegung des natürlichen Terrains,
2. Bekleidung der Böschungen.

23. Trockenlegung. — Indem übrigens Sazilly als den Anfang der Einstürze einen Punkt der Oberfläche der Böschungen bestimmte, musste er nicht glauben, dass es von Nutzen sei das Durchsickerungswasser in einer grossen Entfernung von dieser Oberfläche zu suchen. Nach diesem System muss man also zuvörderst die innern Gewässer so nahe als möglich von der Böschungsfläche mittels Rinnen sammeln, welche von Ziegeln mit hydraulischem Mörtel gemauert und mit Kieseln oder andern filtrirenden Stoffen gefüllt sind (Fig. 11).

Die Kante *A* des Ziegels, welche sich unter der Einsickerung befindet, darf nur in geringer Entfernung von der untern Grenze dieser Einsickerung liegen, folglich muss die Backsteinrinne immer genau der Richtung dieser Wasserzone folgen. An den tiefsten Punkten der Linie einer Rinne lässt man das innere Wasser mittels Abzugslöcher aus, die es in die Eisenbahngräben leiten (Fig. 13, 14, 15).

Um das Eindringen erdiger Massen in die Zwischenräume der Kiesel in den Rinnen zu verhüten, bedeckt man die letztern mit flach gelegten Rasenstücken, mit dem Grase unten (Fig. 11).

Hat die Wasserschicht eine grosse Stärke, oder liegen die Durchsickerungen sehr nahe, so braucht man nur die Steindecken nach Fig. 12 zu modifiziren, und es wird in diesem Falle die Bekleidung der Böschungen in Rasenschichten oder aus trockenem Stein hergestellt.

Es kann sich auch ereignen, dass sich die Durchsickerung beinahe auf der ganzen Böschungsfläche zeigt; erstreckt sie sich bis zum Fusse, so ist die Arbeit nicht viel schwieriger; alsdann muss die Schicht des durchlassenden Stoffes die ganze Fläche des wasserhaltenden Terrains bedecken. Die Steinlage wird dann wie in dem vorstehenden Falle durch eine Verkleidung von Rasenschichten oder aus trockenem Mauerwerk gehalten.

24. Verkleidungen. — Um die Böschungen vor den atmosphärischen Einflüssen zu bewahren, nimmt Herr v. Sazilly zu einem der drei folgenden Mittel seine Zuflucht:

Verkleidungen mit Rasen,
„ aus trockenem Mauerwerk,
„ aus vegetabilischer Erde.

25. Die Rasenverkleidungen können mit Deckrasen oder mit Kopfrasen ausgeführt werden. Die Verkleidung mit Deckrasen kann keinen soliden und dauerhaften Schutz gewähren, man muss ihr daher die mit Kopfrasen vorziehen, obgleich sie kostspieliger ist. Da die Rasen in diesem Falle so gestochen werden, dass sie eine Länge und eine Breite von 0^m30 haben, so wird die Verkleidung selbst eine Stärke von 0^m30 erhalten. Die Schichten werden normal auf die Böschungsfläche gelegt.

Die Rasenverkleidungen müssen hauptsächlich verwendet werden, um die Böschungen der Dämme in den der Ueberschwemmung ausgesetzten Thälern zu schützen.

26. Wenn die Mauerwerkverkleidungen nicht mehr kosten als die Rasenverkleidungen, so ist Sazilly der Meinung, dass sie in jeder Beziehung vorzuziehen sind. „Sie werden ausschliesslich angewendet zur Erhaltung der Böschungen, welche rapiden Strömungen wie auch der Wirkung des Eises und der Wogen ausgesetzt sind. Ihre gewöhnlichen Dimensionen sind wie sie im §. 20 angegeben worden.“

27. Um die Böschungen der in Thon gegrabenen Einschnitte zu bedecken, wie in §. 23 bemerkt wurde, wendete Sazilly stets vegetabilische Erde an; er gibt den Verkleidungen dieser Art eine Stärke von 0^m25 bis 0^m30, senkrecht auf die Neigung der Böschungen gemessen. Um die Festigkeit solcher Verkleidungen zu vermehren, bringt er in dem natürlichen Terrain Absätze an, deren Richtung und Dimensionen aus Fig. 11 zu ersehen sind. Die vegetabilische Erde wird dann in drei Schichten von ziemlich gleicher Stärke (§. 133) aufgetragen und gestampft (Fig. 11 u. 101).

28. Um zu verhindern, dass die Böschungen nicht durch das Ueberfliessen einer zu grossen Wassermasse bei starken Regengüssen beschädigt werden, legt man nach der Höhe der Böschungen Banquette von 1^m0 Breite und gewöhnlich in senkrechten Abständen von 3 oder 4^m0 an. Sie werden mit Rasen

verkleidet und haben ein Quergefälle gegen die obere Böschung und ein Längengefälle von 0ᵐ02 bis 0ᵐ03 pro Meter.

29. In gewissen Entfernungen werden die auf den Banquetten fliessenden Gewässer von gemauerten Behältern aufgenommen, welche sie zu den Abzugsgräben der Eisenbahn leiten.

30. Es müssen ausserdem Umfangsgräben über den Einschnitten angelegt werden, um das Wasser aufzunehmen, das von den höher gelegenen Hügeln herabfliesst; auf dieselbe Art wie die Banquette ergiessen diese Gräben ihr Wasser in die gemauerten Behälter.

31. Endlich werden die Befestigungsarbeiten der Böschungen durch Besamungen und Anpflanzungen vervollständigt. Die Besamungen geschehen hauptsächlich mit Luzerne, und zu den Pflanzungen nimmt man nach der Beschaffenheit des Terrains die Akazie, die gewöhnliche Weide, die Korbweide, die Sahlweide oder die Queckenwurzel.

32. Die vorstehende Darstellung enthält alles das, was zu wissen nothwendig ist, um eine genaue Idee von den Methoden Sazilly's zu erhalten. Die Abhandlung dieses Ingenieurs gibt eine Menge anderer nützlicher Bemerkungen an, die wir leider hier nicht mittheilen können, die aber von allen denen, welche sich mit Konsolidationsarbeiten beschäftigen, mit Nutzen werden gelesen werden.

Drainage.

33. Seit einigen Jahren hat man viele Versuche mit der Anwendung der Drainage auf die Konsolidation der Böschungen gemacht und die Resultate davon waren mehrere verschiedene Systeme; mit wenigen Worten werden wir diejenigen berühren, welche die meiste Aufmerksamkeit zu verdienen scheinen.

34. Drainage an der Oberfläche. — Die beiden hauptsächlichsten Drainagemethoden sind die an der Oberfläche und die mittels des Abbohrens.

35. Die gewöhnliche Drainage mit Röhren wurde auf verschiedene Weise bei der Sicherstellung der Böschungen zur Ausführung gebracht. Die Konstruktion der Abwässerungsrinnen richtet sich ebenfalls nach der von dem Ingenieur gewählten Methode oder nach den durch die Erfahrung gewonnenen Resultaten.

36. Die gewöhnliche Form der Böschungsdrains ist die eines Prisma wie *ABCD* in Fig. 16; die Sohle des Drains liegt gewöhnlich in einer Entfernung von 0ᵐ80 bis 0ᵐ85 der Böschungsfläche. Die Neigung der Wände der Rinnen ist meistens $\frac{1}{4}$; doch richtet sie sich natürlich nach der Beschaffenheit und der Festigkeit des Terrains.

Die Drainagerinnen werden manchmal mit leichter und durchdringlicher Erde ausgefüllt (Fig. 17); meistens aber werden auf die Sohle filtrirende Stoffe gelegt, wie Kies oder zerschlagene Steine. Dieser Steinwurf wird dann mit einer oder zwei Schichten Rasen bedeckt und der übrige Theil wird mit 0ᵐ40 oder 0ᵐ50 starker gestampfter Erde ausgefüllt (Fig. 18).

Man hat auch für die Entwässerungsrinnen nach Fig. 19 Drainageröhren angewendet, indem man die letzteren in eine Rinne von hohlen Ziegeln legt, die mit hydraulischem Mörtel gemauert sind.

37. Der Durchmesser der Röhren ist ebenfalls sehr veränderlich; man gebrauchte solche von 0ᵐ03, 0ᵐ05 und selbst 0ᵐ08 innerem Durchmesser mit Muffen.

38. Die hauptsächlichsten Anordnungen der Drainagesysteme haben nicht minder wichtige Unterschiede. So haben die Ingenieure, welche diese Schutzmethode eingeführt haben, den Rinnen die Richtung der wasserhaltenden Schichten gegeben wie bei dem System von Sazilly, so dass die Drains ganz einfach den Mauersteinrinnen (Fig. 20) substituirt werden. Andere beabsichtigen nur die Trockenlegung der Böschungen auf eine gewisse Tiefe, indem sie auf der Ebene die Böschungen und nach der Linie des grössten Gefälles parallele Rinnen herstellen. Die Drains werden in diesem Falle 4, 5 oder 6ᵐ0 auseinandergelegt, je nach der Beschaffenheit des Terrains und der Menge des Einsickerungswassers. Bei gemischtem und sehr feuchtem Erdreich hat man ebenfalls regelmässige Drains, jedoch nach der Schräge angelegt.

In beiden letzteren Fällen stehen die Böschungsdrains mit einem Sammler entweder direkt oder durch Nebensammler in Verbindung, der auf der Plateform der Einschnitte hergestellt ist.

Bei der ersten dieser drei Methoden werden die Konsolidationsarbeiten manchmal durch eine Verkleidung von gestampfter Erde vervollständigt (Fig. 20). Bei dem System der regelmässig entfernten Drains werden die Verkleidungen nur dann angewendet,

wenn man glaubt, dass die Drainage nicht ausreicht zur Auflockerung der Oberfläche der thonhaltenden Böschungen.

39. Bei der Reparatur der Einstürze scheint man die Drainage nicht als Konsolidationsmittel angewendet zu haben, es sei denn, dass man zuvor die beweglichen Erdmassen entfernt habe. Die Ingenieure, welche diesem Systeme den Vorzug geben, nehmen manchmal in diesem Falle ihre Zuflucht zu wirksamern Massregeln, z. B. zu starken gemauerten Verkleidungen oder sehr starken Strebepfeilern aus trockenem Stein, die denen Collin's ähnlich sind.

40. Um aber Einstürze von geringer Wichtigkeit zu konsolidiren, wurde die Drainage beiläufig auf die folgende Weise angewendet: Die eingestürzte Masse wird durch Quergräben von $0^{m}30$, $0^{m}50$ oder $0^{m}80$ Breite bis zum festen Terrain abgeschnitten; über die Sohle dieser Gräben legt man Röhren von $0^{m}03$ bis $0^{m}05$ Durchmesser mit Muffen, und die Drains werden dann durch einen Steinwurf (von Kieseln, zerschlagenen Steinen) mit Rasen und vegetabilischer Erde bedeckt, wie es vorstehend angegeben worden. Die Drains stehen in Verbindung mit einem Sammler und liegen in Entfernungen von 4 bis $6^{m}0$, je nach dem Feuchtigkeitsgrade des Terrains. Die Steinschüttungen haben den Zweck der Auswässerung des natürlichen Terrains, so wie der Austrocknung der eingestürzten Erde, und im Nothfalle müssen ihre Dimensionen so berechnet werden, dass sie als Strebepfeiler dienen können.

41. Die Drainage wurde auch auf den Schutz der Dämme angewendet. Handelt es sich darum, einen Damm auf einem torfartigen Boden herzustellen, so wird der letztere zuvörderst durch Querdrains ausgetrocknet, deren Tiefe von der der feuchten Erde abhängt; diese Drains, denen man die in Fig. 22 oder 23 angegebene Form, je nach der Schwierigkeit der Arbeit gibt, liegen 5 bis $10^{m}0$ voneinander entfernt und stehen in Verbindung mit zwei Sammelröhren, welche am Fuss der Böschungen, etwa $1^{m}0$ ausserhalb, konstruirt sind (Fig. 24).

Die von den Sammelröhren aufgenommenen Gewässer werden nach dem tiefsten Punkt geführt und in einen Hauptsammler geleitet, dessen geringstes Gefälle $0^{m}003$, je nach dem grössten Gefälle des Bodens betragen muss. Dieser Hauptsammler ist natürlicher Weise unnütz, wenn an der Sohle des Thales ein Fluss oder ein Graben von hinreichender Tiefe existirt.

42. Um Einstürzen der Masse des Auftrages selbst vorzubeugen, drainirt man die Krone und die Böschungen, indem man Querrinnen von einer Länge gräbt, die der Entwicklung des Profils gleich ist. Diese Rinnen werden bloss mit durchdringlichen Stoffen ausgefüllt, oder aber sie werden ausserdem mit einer Reihe von Drainageröhren versehen. Die Tiefe der Ausgrabungen kann $0^{m}30$ bis $0^{m}50$ betragen.

43. Man hat auch als Schutzbauten ein Drainagesystem versucht, welches darin besteht, dass man im mittleren Kern der mit Waggons aufgeführten Aufträge kreisrunde Drainzüge gelegt hat, die mit den Nebensammlern in Verbindung stehen, welche bis zum Fuss der Böschungen reichen.

44. Die Wiederherstellung der Einstürze an Aufträgen durch die Drainage geschieht im Allgemeinen nach der in §. 40 angegebenen Methode bei der Konsolidation der Böschungen in den Einschnitten, nämlich dadurch, dass man die eingestürzte Masse durch Gräben von $0^{m}50$ bis $1^{m}0$ Breite abschneidet, die man mit durchlassenden Stoffen ausfüllt, worunter Röhren von $0^{m}05$ bis $0^{m}10$ Durchmesser gelegt sind.

45. Drainage mit dem Bohrer. — Dieses System besteht darin, die Böschungen durch einen Erdbohrer mit Löchern zu versehen und darin eine Reihe von Drains von $0^{m}03$ bis $0^{m}05$ zu versenken, die über eine hölzerne Stange gehen, welche man nachher vorsichtig herauszieht, so dass die Röhren in den Bohrlöchern stecken bleiben. Damit sich diese Drains aber nicht verschieben, so sind die Muffen, welche an den Verbindungen angebracht sind, unter sich durch einen Draht verbunden, der an den Drains und den äussersten Muffen befestigt und bloss über die Zwischenmuffen gerollt ist (Fig. 21 u. 21 *b*).

46. Drainage in der Tiefe. — Einige Ingenieure, obgleich sie mit Sazilly übereinstimmen, dass das Wasser die hauptsächlichste Ursache der Einstürze an den Böschungen der Einschnitte ist, haben nicht geglaubt, dass sein System hinlängliche Bürgschaften für die Festigkeit und die Dauer bietet, und sind der Meinung, dass man bei einer einfachen Trockenlegung der Oberfläche der Böschungen nicht darauf rechnen könne, dass die Baulichkeiten stets

und hinreichend vor der Wirkung des Wassers geschützt sind. Sie haben es daher versucht, das innere Wasser durch einen Hülfseinschnitt abzuweisen, welche oberhalb der zu entwässernden Böschung angelegt wird. Auf die Sohle dieses Hülfsquerschnittes legt man Rinnen aus Ziegeln, die man dann bis zu einer gewissen Höhe mit durchlassenden Stoffen, demnächst aber den Entwässerungseinschnitt mit der Erde ausfüllt, die man daraus entnommen hatte (Fig. 32).

Die Backsteinrinne wurde manchmal durch eine oder mehrere Reihen von Drainageröhren ersetzt (Fig. 26 und 29).

Es ist offenbar, dass, wie man auch die Sohle dieses Austrocknungseinschnittes gestaltet, die Arbeiten dieser Art sich stets auf die Drainage beziehen.

Die Breite, die Tiefe und die verschiedenen Anordnungen der Hülfseinschnitte müssen sich nothwendigerweise nach der Beschaffenheit des Erdreichs, der Menge des Einsickerungswassers und nach der Höhe der zu entwässernden Böschungen richten. Es ist daher sehr schwierig, im voraus auf eine allgemeine Art zu bestimmen, welche am zweckmässigsten sind, um einen Einschnitt nach einer ähnlichen Methode trocken zu legen (Fig. 33).

Anstatt eine Beschreibung von mehreren Systemen der tiefen Drainage mitzutheilen, beschränken wir uns darauf, so kurz als möglich das von dem Ingenieur Daigremont zur Befestigung der Böschungen verschiedener Einschnitte auf der Mühlhausener Bahn gewählte System darzustellen. Die von ihm ausgeführten Arbeiten hatten den Zweck, die Böschungen zu befestigen und die Krone trocken zu legen.

47. Die Befestigung der Böschungen wurde dadurch erreicht, dass man bloss an der Seite, wo Einstürze zu befürchten waren, einen schmalen mit dem Einschnitt parallelen Graben eröffnete und das Durchsickerungswasser an der Sohle dieses Grabens sammelte.

Nehmen wir an, dass das Terrain aus zwei verschiedenen Schichten besteht, wovon die eine P durchdringlich, die andere I (Fig. 26) undurchdringlich ist. Man gräbt alsdann die Rinne ab, so dass der Punkt b etwas tiefer liegt als die Linie CD, welche die Scheidelinie zwischen den Erdreichen verschiedener Art ist.

Die Breite des Entwässerungseinschnittes muss so gering als möglich sein und darf 0m50 am untern Theil nicht überschreiten; die Sohle der Rinne muss ausserdem ein sehr regelmässiges Gefälle haben, das nicht geringer als 0m005 pro Meter sein darf.

Aus dieser Darstellung ersieht man deutlich die Nothwendigkeit einer Verpölzung der Ausgrabung während der Ausführung des Abtrages. Dennoch kann es sich bei einer besonderen Anlage der Rinne ereignen, dass man die Auszimmerung vollständig unterlassen kann. Wenn z. B. das Terrain, um dessen Trockenlegung es sich handelt, wenig Wasser enthält, so kann man manchmal die Rinne in verschiedene Portionen von 4m0 Länge graben, die 1m50 voneinander entfernt sind.

Demnächst setzt man die theilweisen Ausgrabungen miteinander in Verbindung, indem man am untern Theile die Stücke durchbohrt, welche sie auf eine Länge von 0m75 auf jeder Seite trennen.

48. Sobald ein Theil der Ausgrabung vollendet ist, verlegt man darin die Röhren, die aber nach dem, was wir in Betreff der Regulirung der Sohle gesagt, ein sehr gleichförmiges Gefälle haben müssen. Die Röhren werden niemals mit Muffen versehen; ihr Durchmesser darf nicht geringer als 0m063 sein.

Um die Verstopfung der Röhren zu vermeiden, umgibt man jede Fuge mit Rasen, Moos oder auch mit Rohr. Der Drain wird dann mit einer hinreichenden Quantität durchdringlichen Stoffes bedeckt, dessen Beschaffenheit sich nach der Menge des Sickerwassers richtet. Ist wenig Wasser vorhanden, so bediene man sich der vegetabilischen Erde, des Rasens oder des Sandes; in den schwierigsten Fällen aber muss man Kies oder zerschlagene Steine verwenden.

Damit der Längendrain, von welchem wir gesprochen, die möglich grösste Wassermenge aufnehme, legt man in die Wand der Entwässerungsrinne, welche der Eisenbahn entgegengesetzt ist, partielle Drains beinahe senkrecht an wie in Fig. 26 und 29. Diese Drains, welche mit dem Längendrain in Verbindung stehen, hören in einer Entfernung von 0m50 bis 1m0 vom Boden auf und sind 2m0 voneinander entfernt. Der Durchmesser der Röhren ist 0m037.

49. Der Entwässerungseinschnitt wird dann mit der Erde des Abtrages bedeckt, die mit der grössten Sorgfalt gestampft wird, damit nicht zu befürchten ist, dass Wasser vom Regen oder Thauwetter, das in die Erde dringt, schlammig werde, wodurch

die Röhren verstopft würden. Ausserdem ist Hr. Daigremont der Meinung, dass man bei einer gehörig bewirkten Stampfung eine Masse erhält, welche so undurchdringlich ist, dass das innere Wasser, welches in verschiedenen Höhen zwischen der Oberfläche des Bodens und dem Längendrain eindringen könnte, zurückgehalten und gezwungen wird bis zum Boden der Rinne hinabzufallen.

50. Die Umfangsgräben werden etwas ausserhalb der Entwässerungsrinnen (Fig. 27) angelegt, so dass die Durchsickerungen, die durch den Durchgang oder das Anhalten des Wassers in den Gräben entstehen, von den senkrechten Drains aufgenommen werden, von wo sie in den Längendrain fliessen.

51. Es können zwei Fälle vorkommen, in denen die vorstehenden allgemeinen Anordnungen Veränderungen erleiden müssen, und zwar

1. wenn der Einschnitt der ganzen Höhe nach aus durchdringlichem Terrain besteht, und

2. wenn die Länge des Einschnittes bedeutend ist.

Im ersten Falle muss der Punkt A (Fig. 28) so niedrig gelegt werden, dass der ausgetrocknete Körper $ABEDC$, der auf der schrägen Ebene AE liegt und sich gegen den festen Theil $B'A$, AE, ED legt, dem Druck der links von AB' liegenden Erde Widerstand zu leisten vermag. Wenn die Länge der trocken zu legenden Einschnitte bedeutend ist, so ist es nothwendig in gewissen Entfernungen Querdrains anzulegen, welche den Längendrain mit dem Abzugsgraben der Eisenbahn in Verbindung setzen (Fig. 27).

Daigremont schreibt die Herstellung von Querdrains in dem Falle vor, wo es sich um folgende Gründe handelt:

„Das dem Längendrain folgende Sickerwasser theilt sich in zwei Richtungen, welche dem Kulminationspunkt des Einschnittes entgegengesetzt sind, und fliesst nur durch die beiden Enden der Röhren ab; hört nun der Ausfluss zufällig an einem der Enden auf, so erkennt man sogleich, dass der Drain verstopft ist, jedoch kann man nicht wissen an welchem Punkte, und man würde genöthigt sein eine kostspielige Arbeit von neuem zu beginnen."

52. Drainage der Krone. — Daigremont liess die Kronen aller thonhaltigen Einschnitte seines Bezirks drainiren, um die erweichenden Wirkungen des Regenwassers und des Sickerwassers zu verhüten, wenn es in den Eisenbahngräben reichlich fliesst, besonders aber um der Wirkung des Druckes einer Wasserschicht entgegenzuarbeiten, welche durch den Einschnitt noch nicht abgeschnitten wurde.

53. Um die Kronen in den Einschnitten vor dem Regen- oder Sickerwasser zu schützen, legt man unter jeden Abzugsgraben einen Drain wie in Fig. 28.

Die Tiefe der Drains der Kronen muss im Allgemeinen 1^{m}20 betragen. Die Röhren werden mit einer gewissen Quantität durchdringlicher Stoffe bedeckt und die Ausgrabung wird dann mit vollkommen gut gestampfter Erde ausgefüllt.

Die Drains der Krone nehmen ausserdem das Sickerwasser auf, das ihnen durch die Querdrains direkt zugeführt wird. Endlich legt man alle 100^{m}0 eine kleine gemauerte Wasserstube unter den Drains der Krone an, um die Niederschläge zu sammeln und um sich überhaupt von dem guten Gang des Systems zu überzeugen.

54. Nachdem man sich überzeugt hat, dass unter der Krone eine wasserhaltende Schicht besteht, wie AB (Fig. 29), so wird der Drain der Krone, der unter dem Fuss der höchsten Böschung hergestellt ist, bis zur Mitte der Wasserschicht niedergetrieben. Der Zweck dieser neuen Anordnung ist der, zu verhindern, dass die Krone durch die Wasserschicht AB gehoben oder erweicht würde. Eine Erhebung aber fürchtet man, wenn das Terrain bei T undurchdringlich ist, und wenn dasselbe Erdreich in Brei verwandelt wird, wenn es durchdringlicher Natur ist.

55. Stollen. — Das neueste Konsolidationssystem, das wir kennen gelernt, ist ohne Zweifel dasjenige, welches den Zweck hat, die Terrains durch Bergwerksstollen zu entwässern. Dieses System, das in grossem Massstabe zur Befestigung der Einschnitte und der Aufträge an verschiedenen Theilen der Linie nach Mühlhausen angewendet wurde, hat bereits eine zu grosse Verbreitung gefunden, als dass wir davon eine besondere Beschreibung geben sollten.

Wie aus den Fig. 30 u. 31 ersichtlich, bildet das Querprofil einer Galerie ein Trapez, dessen Dimensionen so berechnet sind, dass sich darin ein Arbeiter bequem bewegen kann, und dass es leicht ist, die Erde des Abtrages mit der Karre zu transportiren.

Die Auszimmerung ist so ziemlich derjenigen der gewöhnlichen Stollen bei den Bergwerksarbeiten gleich;

wenn man aber in einem festen Terrain arbeitet, so lässt man gewöhnlich das Sohlstück weg, worauf gewöhnlich die beiden Ständer gestellt werden.

Der Querschnitt der Verbandstücke, woraus die Schachtgevierte zusammengesetzt werden, beträgt beiläufig $^{10}/_{10}$.

56. Um einen Einschnitt nach diesem System zu entwässern, treibt man in gewissen Distanzen unterirdische Galerien bis in eine gewisse Tiefe und in einer mit der Eisenbahnachse parallelen Richtung vor. Diese Stollen werden dann ihrer ganzen Länge nach mit rohen Bruchsteinen ausgefüllt, und es endet sich dieser Steinwurf an der Oberfläche der Böschung mit einer Mauer aus trockenen Steinen (Fig. 30).

Der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Galerien scheint sich nach der mehr oder minder schlechten Beschaffenheit des zu entwässernden Terrains, nach der Menge des Sickerwassers und nach der mehr oder minder regelmässigen Richtung der Schichten von verschiedener Art zu richten, welche die Terrains nach der ganzen Höhe der Böschung zeigen. So liegen bei dem Einschnitt von Dockenberg die Galerien 20^{m}0 voneinander, während diese Entfernung bei dem Einschnitte von Barres nur beiläufig 15^{m}0 betragen.

57. Wir sind der Ansicht, dass es keine feste Regel gibt, um bestimmen zu können, bis zu welchem Punkt der Höhe einer Böschung eine Galerie durchbrochen werden soll; es scheint, dass man so viel als möglich der Richtung einer wasserführenden Schicht folgen muss. Nach den Fig. 20, 21 u. 24 (Taf. *A* 9) des Nouveau portefeuille de l'Ingenieur bemerkt man indessen, dass die unterirdischen Galerien in dem Einschnitt von Dockenberg bis zu dem untern Theil einer thonhaltenden Schicht gezogen wurden, die auf einer Sandbank liegt (Fig. 30 u. 31).

Die Länge der Galerien ist ebenfalls sehr veränderlich; bei dem Einschnitt von Dockenberg beträgt sie 20^{m}0, bei dem von Barres 10 bis 15^{m}0.

Wie gross auch die Tiefe sein möge, bis zu der man die Galerien anzulegen hat, so hat man ohne Zweifel nicht geglaubt, dass man eine vollständige Entwässerung der Böschungen erreichen würde, wenn diese Stellen sehr entfernt voneinander gelegt werden, wenn sie z. B. in 20metrigen Entfernungen liegen. In diesem Falle wurde das System durch eine Längengalerie *A* (Fig. 31) vervollständigt, welche die Quergalerien unter sich mit ihrem der Eisenbahn entgegengesetzten Ende in Verbindung setzt. Dieser neuen Galerie gibt man dieselben Anordnungen und sie wird gleichzeitig mit den vorhergehenden ausgeführt.

58. Wenn es sich um die Konsolidation der Aufträge handelt, so ist die Form der Galerien dieselbe wie bei den Einschnitten; sie werden entweder in dem Unterboden oder im Dammkörper selbst angebracht. Die einzigen Modifikationen können in der besondern Einrichtung der Auszimmerungen bestehen, über die man sich aber in schwierigen Fällen im Voraus nicht aussprechen kann.

II. Abschnitt. Wichtigkeit der Konsolidationsarbeiten.

60. Die Wichtigkeit der Arbeiten dieser Art erklären sich auf ganz natürliche Weise durch den Zweck, den man durch sie zu erreichen beabsichtigt. Was wir im ersten Abschnitt verhandelt, wird also hinreichend sein, um begreiflich zu machen, in welchem Grade die Wahl eines guten Konsolidationssystemes der Böschungen die Aufmerksamkeit der Baumeister beschäftigen muss.

Es könnte vielleicht auffallend erscheinen, wenn wir die Behauptung anfstellen, dass einfache Erdarbeiten oft eine Wichtigkeit erster Klasse erlangen können. Auch haben wir gesagt, dass die Befestigungsarbeiten der Böschungen zu Ersparungen führen und die Solidität der Einschnitte und der Aufträge sichern müssen. Heutigen Tages sind diejenigen Arbeiten, welche die leichtesten zu sein und deren Ausführung die grösste Einfachheit darzubieten scheinen, wenn es sich z. B. um den Bau einer Eisenbahn handelt, ohne Widerrede die Erdarbeiten. Indessen besteht ein Umstand, den Jedermann, besonders in den letzten Jahren, hat bemerken können. Geht man die Journale durch, welche über den Fortschritt der Eisenbahnen berichten, so ist es auffallend, dass man im Allgemeinen nur die Vollendung der Erdarbeiten erwartet, um die Linien in Betrieb setzen zu können. Wie lässt es sich erklären, dass die Erdarbeiten der Eisenbahnen oft erst nach den Kunstbauten beendigt werden, von denen manche doch mit so

grossen Schwierigkeiten verbunden sind? Man verwendet zu den Erdarbeiten eine grosse Anzahl von Arbeitern, und die Unternehmer können alle über ein hinreichendes Material verfügen; die Art und Weise der Ausführung der Arbeit wird immer so eingerichtet werden, dass es möglich ist in einer bestimmten Zeit die möglich grösste Arbeitssumme zu liefern; dennoch, wie gesagt wurde, werden die wichtigsten Kunstbauten manchmal eher vollendet, als das Planum der Bahn das Legen der Schienen gestattet.

Es muss offenbar zugegeben werden, dass die bei den Erdarbeiten eingeführten Vervollkommnungen mit denen nicht mehr im Verhältniss stehen, welche bei der Ausführung der Kunstbauten stattfinden. Die mit der Leitung der Arbeiten betrauten Ingenieure vernachlässigen vielleicht die Rücksichten, die auf die Erdarbeiten zu nehmen sind, und lenken ihre ganze Aufmerksamkeit auf die Ausführung der Kunstbauten.

Man würde indessen zu weit gehen, wenn man behaupten wollte, dass nicht alle auf die grossen Erdarbeiten Einfluss nehmenden Verhältnisse nicht gehörig überlegt würden. So findet man in dem werthvollen Nouveau Portefeuille de l'Ingenieur äusserst interessante Notizen über verschiedene Ausführungsmethoden, die von manchen Arbeitsdirektoren angewendet wurden, und es ist bekannt, dass alles, was die Stabilität und die Befestigung der Böschungen betrifft, seit langer Zeit Gegenstand der Studien unserer ausgezeichnetsten Ingenieure war, wie die von ihnen herausgegebenen Schriften beweisen, welche von höchstem Interesse sind. Auch muss man es anerkennen, dass von vielen Ingenieuren seit einiger Zeit zahlreiche Versuche gemacht wurden, um zu ein und demselben Resultate zu gelangen; indessen ist es zu bedauern, dass eine sehr grosse Anzahl von Konstrukteurs, anstatt sich zu bestreben die bestehenden Systeme zu vervollkommnen, hartnäckig darauf besteht, dass die schwierigsten Fragen, die bei der Ausführung der Erdarbeiten vorkommen können, nur von besonderen Männern gelöst werden müssten.

Die Darstellung des im weiteren Verlaufe dieser Abhandlung erläuterten Systems wird hoffentlich den Beweis liefern, dass man im Allgemeinen Unrecht hat die Schwierigkeiten zu fürchten, die wir mit grosser Einfachheit überwunden haben.

Die grossen Erdarbeiten werden gewöhnlich von industriellen Gesellschaften unternommen, deren Bestreben natürlich dahin gerichtet sein muss, den möglich grössten Gewinn aus ihren Unternehmungen zu ziehen. Nach den Anordnungen, welche man während der Ausführung der Arbeiten trifft, wird sich der Gewinn der Unternehmer richten, und obgleich es uns vor der Hand nicht möglich ist, die Vortheile ganz zu ermessen, welche mit einem guten Befestigungssystem der Böschungen verbunden sind, so können wir doch behaupten, dass sie keine geringe Wichtigkeit haben. Wenn man annimmt, dass es mittels einiger vorhandenen Massregeln möglich ist, den Einsturz der Böschungen bei Einschnitten und Dämmen zu verhüten und dass man die Epoche des Betriebes der Bahn näher rücken kann, so ist es leicht begreiflich, dass eine Verminderung der Kosten und eine Erhöhung des Gewinnes erzielt wird.

Indessen muss unter allen Umständen die Oekonomie hinter der Solidität der Werke zurückstehen, und es muss daher ein Befestigungssystem, das nicht die gehörige Solidität bietet, aufgegeben und jenes vorgezogen werden, das vielleicht dem Anscheine nach weniger rationell ist, den Werken jedoch eine gehörige Festigkeit verschafft. Und bei keinem System werden sich alle Vortheile so vereinigen als bei dem hier dargestellten, was von vielen Ingenieuren bestätigt wird, die dasselbe angewendet haben; andere Fachmänner dagegen wollten ihm kein so absolutes Vertrauen schenken, weil sie sich einbildeten, dass sein Gebrauch zu beschränkt sein müsste, und dass es in vielen Fällen ungenügend sei. Wir glauben desshalb, bevor wir dessen Beschreibung beginnen, die Vortheile anführen zu müssen, welche es gewährt.

Zweckmässige Ausführung der Arbeiten. — Wenn man bei Einschnitten in Thonerde das Wasser sammelt, das an der Oberfläche der Böschungen durchsickert, bevor es das Erdreich erreichen konnte, so beseitigt man dadurch die manchmal sehr bedeutenden Schwierigkeiten, die mit dem Transport einer mehr oder minder bedeutenden Schlammmasse verbunden sind, die sich gewöhnlich auf den Böschungen und in der Tiefe ansammelt. Es werden folglich die Aufträge, die aus stets gesundem Erdreich ausgeführt wurden, immer die grösste Festigkeit gewähren.

Selbst in dem Falle, dass man nur gehörig trockene Erde im Abtrage haben sollte, kann man bei unserem Befestigungssystem zur Aufführung der Aufträge Erde aller Art verwenden, welchen Grad der Dichtigkeit sie übrigens auch haben mag. Man vermeidet daher unnütze Arbeiten, welche mit dem Transport der Thonerde verbunden sind, und man ist der ferneren Abgrabungen überhoben, um die Aufträge zu vervollständigen.

Kostenersparung. — Wenn man unsere vorbauenden Befestigungsmittel anwendet, so sind keine Einstürze mehr zu befürchten; es werden daher die Böschungen stets ihre Form und ihre Neigung, die man ihnen gegeben, beibehalten und keinerlei Ausgaben erfordern. Anstatt den Böschungen der Abträge zu sanfte Neigungen zu geben und die Banquette in der Absicht nahe zu legen, eine sehr schwache Neigung zu erhalten, wenn man glaubt, dass Einstürze stattfinden können, so kann man stets, selbst in den schwierigsten Fällen, die allgemein angenommene halbfüssige Böschung mit gehörig voneinander entfernten Banquetten beibehalten, und man vermeidet daher auch eine Vermehrung der Kosten, die mit einer grössern Abgrabung verbunden ist.

Die Befestigungsarbeiten erfordern eine geringe Reparatur und die Unterhaltung der Böschungen darf übrigens nicht länger dauern als ein oder zwei Jahre; die alsdann zu machenden Ausgaben werden in der That sehr gering und oft von gar keiner Bedeutung sein.

Es ist noch zu bemerken, dass bei der Anordnung unserer Böschungen die Vegetation der darauf gesäeten Pflanzen begünstigt und folglich eine reichere Ernte erzielt wird.

Die Quantität des thonhaltigen Schlammes, den man aus den Einschnitten transportirt, muss sehr gering sein, und es folgt daraus, dass die beinahe ausschliesslich mit gesunder Erde gemachten Aufträge um so solider werden müssen und dass die Unterhaltung der Bahn leichter und weniger kostspielig ist, dass aber endlich die Einstürze, welche vorkommen könnten, von weit geringerer Wichtigkeit sein werden.

Mit der Kostenersparniss ist aber auch eine Ersparniss an Zeit verbunden, welche eben so gut in Anschlag gebracht werden muss.

Gewissheit des Erfolges. — Seit dem Jahre 1844 wurde unser Befestigungssystem auf mehr als $1\frac{1}{2}$ Millionen Quadratmeter Böschungen unter den verschiedenartigsten und schwierigsten Verhältnissen ausgeführt und es sind die besten Resultate dadurch erzielt worden.

Geringe Neigung der Böschungen. — Man bemerkt sehr häufig, dass man den Böschungen der aus Thonerde ausgeführten Dämme sehr schwache Neigungen, 2, $2\frac{1}{2}$ und selbst dreifüssige gibt. Ausserdem dass solche Mittel nicht immer gegen Einstürze schützen, erfordern sie beträchtliche Ausgaben, wie bereits erwähnt wurde. Eine $1\frac{1}{2}$füssige Böschung hat uns immer hinreichend geschienen.

Stützmauern. — Die Anlagen dieser Art, deren Ausführung manchmal sehr nützlich sein kann, jedoch bloss in den seltensten Fällen, sind nicht immer hinreichend zur Sicherung der Solidität des Erdreichs. Uebrigens sind sie sehr kostspielig und ihre Herstellung ist oft mit den grössten Schwierigkeiten verbunden. Nicht ohne Grund hat daher eine gute Anzahl von Ingenieuren versucht, sich dieses Befestigungsmittels der Böschungen zu entäussern. Wir werden im weiteren Verlaufe sehen, wie man es anzufangen hat, um die Futtermauern in den verschiedenen Fällen vortheilhaft zu ersetzen, wo man genöthigt ist, dem Druck der Erde einen kräftigen Widerstand entgegenzusetzen, um die Stabilität der Massen zu sichern.

Tunnels. — Die Erbauung von ununterbrochenen Gewölben zur Sicherung der Einschnitte ist ohne Zweifel ein unfehlbares Mittel; doch sind die Kosten dafür zu beträchtlich und man macht nur ausnahmsweise Gebrauch davon.

Ablenkung der Bahnlinien. — Schliesslich wiederholen wir es noch einmal, dass man bei Anwendung unseres Systems unter den schwierigsten Verhältnissen die Festigkeit der Böschungen sichern kann. Manchmal entstehen während oder nach der Ausführung des Einschnittes so beträchtliche Einstürze, dass man zu einer neuen Bahnrichtung seine Zuflucht nehmen zu müssen glaubte, um Hindernisse zu überwinden, die man für unübersteigbar hielt. Uns ist indessen nur ein Beispiel dieser Art bekannt, nämlich der Einschnitt von Voussy (Strassburger Linie). Nach den grössten Anstrengungen zur Sicherung der Böschungen gab man den Einschnitt ganz auf und veränderte die Trace der Linie. Hätte man unsere Mittel angewendet, so würde diese Maassregel nicht nöthig geworden sein.

III. Abschnitt. Ursachen des Einsturzes.

61. Allgemeine Betrachtungen. — Die Erdarten besitzen mancherlei besondere Eigenthümlichkeiten, wovon die meisten sie von den andern natürlichen Körpern unterscheiden, nämlich:

1. die mehr oder minder grosse Leichtigkeit das Wasser zu absorbiren;

2. die Veränderung des Volums, die sich bei ihrer Berührung mit Wasser ergibt;

3. eine geringere oder grössere Kohäsionskraft, je nach der Natur der Erde und ihrem Feuchtigkeitsgrade;

4. eine Reibungswiderstandsfähigkeit, die sich nach der darin enthaltenen Wassermenge richtet;

5. ein Grad der Durchdringlichkeit, der sich mit der Natur der Erde oder nach der in ihr enthaltenen Wassermenge verändert.

62. Bevor wir zur Untersuchung dieser verschiedenen Eigenschaften übergehen, ist zu bemerken, dass die Erdarten von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet werden müssen, und zwar:

1. als Terrains in ihrem natürlichen Zustande, d. h. so wie man sie bei dem Abtrag der Einschnitte findet, wenn sie noch nicht den Einfluss der atmosphärischen Einflüsse empfunden haben;

2. aufgetragene Terrains, welche diesen Einflüssen bereits ausgesetzt waren.

Es scheint nicht, dass man bei den verschiedenen mit Erdarten gemachten Versuchen auf diese Unterscheidung gehörige Rücksicht genommen habe, was auch erklären dürfte, warum die bisherigen Resultate den Baumeistern kein hinlängliches Vertrauen eingeflösst haben.

Im Allgemeinen lassen sich die Berechnungen, die aus den gemachten verschiedenen Versuchen hervorgingen, um hauptsächlich die Kohäsion und die Reibung der Erden zu bestimmen, nur auf die Erdarten anwenden, womit die Dämme aufgeführt wurden, und da die gewonnenen Resultate übrigens noch sehr unvollständig sind, so würde man sich vielen Irrthümern aussetzen, wenn man als Basis der Berechnungen die von den Ingenieuren angegebenen Ziffern annehmen wollte, selbst wenn diese auch aus Versuchen hervorgehen, die mit der grössten Geschicklichkeit unternommen wurden.

63. Abtragserde. — Die Terrains, in denen man im Allgemeinen Einschnitte eröffnet, sind entweder aufgeschwemmte Gebilde, oder sie sind wie bei einigen Thonarten das Resultat der Zersetzung von Urgesteinen unter dem Einfluss eines starken Druckes oder einer von der unserigen verschiedenen Atmosphäre. In dem ersten Falle mussten sich die im Wasser suspendirt gewesenen Moleküle sehr langsam abgelagert haben, weil die Räume zwischen ihnen in Folge ihrer Beweglichkeit so gering als möglich geblieben sind. Die Pressungen, welche sie ausserdem erleiden mussten, müssen als Resultat eine noch innigere Annäherung gehabt haben, welche eine Vermehrung der sie vereinigenden Kohäsionskraft vollkommen begünstigte. Auch hat der noch ungepflügte Boden eine viel dichtere Textur, als man sie jemals bei aufgetragenen Erdarten findet, selbst wenn sie sich gehörig gesetzt haben. In Folge der Art und Weise aber, wie sich die aufgeschwemmten Ablagerungen gebildet haben, bestehen die Erdarten meistens aus übereinander liegenden Schichten in mehr oder minder regelmässiger Weise, je nachdem sich die flüssige Masse, worin sie enthalten waren, bewegt hat.

Die aufgeschwemmten Gebilde müssen daher mit einer sehr beträchtlichen Kohäsionskraft ausgestattet werden sein und aus übereinander liegenden im Allgemeinen unregelmässigen Schichten von verschiedener Art, Stärke und sehr veränderlicher Dichtigkeit bestehen. Es ist noch zu bemerken, ohne es indessen erklären zu können, dass man hauptsächlich in den thonhaltenden Gebilden, in denen man keine regelmässige Struktur erkennen kann, sehr oft glatte Flächen bemerkt, welche die Massen sehr scharf trennen; diese Trennungsflächen, die man manchmal oft Spaltungsflächen nennt, sind auf eine Art überwachsen (tapissées), welche hinsichtlich der Form und Farbe die grösste Aehnlichkeit mit den Haarwurzeln der Pflanzen hat. Diese unter dem Mikroskop beobachtete Pflanzenbildung scheint aus sehr kleinen kieselhaltigen Körnern zu bestehen. Diese mit der Ansicht Beudants über die Krystallisation von dendritischer Form übereinstimmende Beobachtung hat hier keinen andern Zweck als zu beweisen, dass die thonhaltigen Schich-

ten durch Spalten der verschiedensten Richtungen in eine grosse Anzahl von Theilen getrennt sind und dass diese Spalten oder Risse die Ursachen, welche die Kohäsion der Erde zu zerstören suchen, in mächtiger Weise vermehren.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass die durch die chemische Zerzetzung der Urgebirge entstandenen Gebilde die Struktur der Gebirgsarten beibehalten haben, von denen sie herstammen. Man findet sehr häufig thonhaltende Terrains mit regelmässiger Struktur, und da diese eigenthümliche Eigenschaft manchmal sehr wichtig ist, um darauf Rücksicht zu nehmen, wenn es sich um die Konsolidation der Böschungen handelt, so dürfte es in dieser Beziehung zweckmässig sein, die hauptsächlichsten Dispositionen anzugeben, die man am häufigsten bei den Gebilden dieser Art bemerkt.

Bei dem Einschnitte von Montagne (Mühlhausener Linie) zerlegte sich die mergelhaltige Thonschicht, die man auf zwei Drittel der Böschungshöhe vorfand, mit ausserordentlicher Leichtigkeit in ziemlich regelmässige Würfel, deren vier Seitenflächen immer senkrecht gerichtet waren (Fig. 34).

In dem Einschnitt des Ritterthales (Weissenburger Linie) und in der Abzweigung von Bricon (Mühlhauser Linie) zerspaltete sich das Terrain in Theile von einer Form, welche der in Fig. 35 sehr ähnlich ist.

Sehr oft sind die Thonschichten schieferartig und die parallelen Fugen folgen der Richtung der Schicht selbst (Fig. 36).

Es kann sich indessen ereignen, dass die Fugenflächen in Bezug auf die allgemeine Richtung der Schichten mehr oder minder schief sind, was aber ein sehr seltener Fall ist.

Manchmal findet man thonhaltende Schichten, welche so ziemlich denselben Anblick haben als der Schwamm. Besonders haben wir Thonarten dieser Art in dem Einschnitt von Rieding (Weissenburger Linie) und in dem der Vinoterie (Mühlhausener Linie) bemerkt.

In diesem letzteren Einschnitte fand man eine Schicht, die so wenig Dichtigkeit besass, dass eine gewisse Menge Sickerungswasser durchziehen konnte und also eine förmliche Durchsickerungsschicht bildete.

64. Aufgetragenes Erdreich. — Die verschiedenen Operationen, die bei dem aufgetragenen Erdreich stattfinden, nämlich Loshacken, Aufladen, Transport u. s. w. müssen die gänzliche Enthäufung der Erde bewirken und in den aufgetragenen Massen Zwischenräume hervorbringen, die bald grösser, bald kleiner sind. Die Folge davon ist also eine Volumsvermehrung, die man das Aufblähen der Erde nennt, und man nimmt an, dass sich bei ein und derselben Masse das Volum um $^1/_{10}$ durchschnittlich im Auftrage vermehrt. In Folge dieser Volumsvergrösserung werden die in den Aufträgen enthaltenen Zwischenräume so beträchtlich, dass die molekuläre Anziehung nur noch auf eine viel geringere Quantität der Theile ein und derselben Masse stattfindet, dass folglich die Kohäsion der Erde ebenfalls bedeutend vermindert wird; auch wird das Gewicht geringer, die Erde absorbirt eine grosse Menge Wasser, mit einem Worte in allen Punkten muss ein wesentlicher Unterschied zwischen den abgetragenen und den aufgetragenen Erden bestehen.

Die Erdarten, welche bei der Berührung der Luft fähig sind sich zu enthäufen (désagréger), erleiden eine beträchtliche Veränderung, welche sie in Folge des Aufquellens und des Zusammenziehens durch die Feuchtigkeit und die Austrocknung den aufgetragenen Erden ähnlich macht. Diese beiden entgegengesetzten Wirkungen müssen nothwendiger Weise die Enthäufung der Erden und die Erzeugung von Rissen zur Folge haben, die nach der Beschaffenheit des Terrains, der Anzahl und der Lage der natürlichen Spalten, von denen früher die Rede war, mehr oder minder breit und tief sind. Nun ist es wohl sehr einleuchtend, dass wenn in einem natürlichen Terrain ein Bruch stattfindet, so gering auch die Breite des Risses sein mag, es doch nicht möglich ist, dass die Annäherung der getrennten Theile auf eine so vollkommene Weise stattfindet, dass jede Molekûle der Flächen AB, $A'B'$ (Fig. 37) wieder in ihre frühere Lage zurückginge, so dass die Stärke der Kohäsionskraft dieselbe bliebe, die Distanzen unendlich klein und nicht geringer wären als früher.

Die natürlichen Erdarten vermehren also durch die Wirkungen der atmosphärischen Einflüsse ihr Volum und werden schon dadurch durchdringlicher; ihre Kohäsionskraft vermindert sich und sie gehen in einen Zustand über, der demjenigen bei dem aufgetragenen Erdreich ähnlich ist.

65. Gestampftes Erdreich. — Wir haben gesehen, dass die durch die Verrichtungen des Arbeiters oder durch die abwechselnden Wirkungen der Trockenheit und Feuchtigkeit, oder auch des Thauwetters in Bewegung gesetzten Terrains nicht wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurückkehren können; ihre Art der Agrégation ist vollkommen verändert, ihre Struktur ist für immer gestört, ihre Kohäsionskraft beträchtlich vermindert.

Die Art der Enthäufung der Erdarten und ihre Struktur entstehen manchmal unter Verhältnissen und unter der Einwirkung gewisser Kräfte, die sich nicht mehr wiederholen können; da aber die Kohäsion nur eine Kraft ist, die auf die Moleküle der Körper in unmerklichen Abständen wirkt, so ist es immer möglich sie wenigstens theilweise unter die Erden zu setzen, welche sie verloren haben.

Man muss also dieses Resultat erreichen, wenn man die Annäherung ihrer Bestandtheile bewirkt. Dies ist der Grund, warum die Kohäsion zunimmt nach Massgabe als die Senkung der Erde unter dem Einfluss der Schwere vor sich geht; und aus demselben Grunde haben die Aufträge, deren Transport mit den zweirädrigen Wagen oder besser noch mit der Karre geschieht, anfänglich mehr Festigkeit als die, welche mit Waggons transportirt werden.

Die praktischste und kräftigste Methode zur Erhöhung der Kohäsion der Erden ist unstreitig das Stampfen, denn durch dieses Mittel geschieht es bei den Erdarbeiten niemals, dass ein Druck hervorgebracht wird, der dem der Schwere gleich ist, weil die am besten gestampfte Erde nach Verlauf von einigen Monaten eine grössere oder geringere Senkung erleidet; doch hat diese Arbeit die Folge, besonders bei thonhaltenden Terrains, dass die Erde neue Eigenschaften annimmt, aus denen man bei der Konsolidation der Böschungen grossen Nutzen ziehen kann.

Ist der Thon auf eine zweckmässige Art zubereitet und getrocknet worden, so nimmt er eine sehr bedeutende Kohäsionskraft an, und man kennt allen Nutzen, den man aus dieser Eigenschaft des Thones zieht.

Wenn die thonhaltende Erde bei einem passenden Grade der Feuchtigkeit gehörig gestampft ist, so kann sie eben so fest werden als die Luftziegeln, und sie besitzt alsdann eine sehr schätzbare Elastizität; auch haben die verschiedenen Manipulationen, die damit vorgenommen werden, noch den Nutzen einer vollständigen Vermischung der Erden aller Art. Die Eigenschaften also, wodurch sich die gestampfte Erde von der natürlichen Erde unterscheidet, bestehen in einer grössern Gleichmässigkeit der ganzen Masse, in der Verhinderung der Spalten oder der Fugen, welche die natürlichen Schichten trennen, und in einer sehr bemerklichen Elastizität. Die Kohäsion der umgearbeiteten Erde nähert sich derjenigen der noch nicht berührten Erde, ohne ihr indessen jemals gleich kommen zu können diese Kraft ist aber immer stärker als bei der letztern, und zwar in Folge der Solidarität, die sich zwischen den Molekülen ein und derselben Masse herstellt, wenn es sich um die Widerstandsfähigkeit gegen einen starken Schub handelt.

Ausserdem ist noch zu bemerken, dass die gestampfte Erde für die Vegetation sehr günstig ist; im weitern Verlaufe werden wir auf positive Thatsachen gestützt die Vortheile aufzählen, die man aus den Besamungen ziehen kann, welche man auf Erdböschungen ausführt, die zweckmässig gestampft sind.

66. Absorbirung des Wassers. — Abträge. — Die Eigenschaft der Erden, dass sie mit grösserer oder geringerer Leichtigkeit Wasser verschlucken, scheint hauptsächlich in dem Grade ihrer Porosität zu liegen; es muss also diese Eigenschaft bei den natürlichen Terrains im Allgemeinen im Verhältniss zu dem Volum ihrer Molekülen stehen. So saugt derjenige Sand, dessen Körner so voluminös sind, dass man sie mit dem Auge unterscheiden kann, sehr geschwind eine grosse Menge Wasser auf, während der aus ausserordentlich feinen unwahrnehmbaren Theilen bestehende Thon nur sehr langsam das Wasser aufsaugt, mit dem er in Berührung tritt; auch kann man bemerken, dass das Wasser, selbst bei verschiedenen Sandarten, um so leichter aufgesaugt wird als das Korn grösser ist, und dass dagegen diese Absorption langsamer vor sich geht, je feineres Korn der Sand hat.

Die Terrains in ihrem natürlichen Zustande saugen nur eine bestimmte Menge Wasser auf; bei dem Sande z. B., wenn er eine hinreichende Quantität dieser Flüssigkeit enthält, geht wegen seiner Durchdringlichkeit der Ueberschuss verloren, was derselbe Fall bei dem Thon nicht ist, welcher, wenn er einmal mit

Feuchtigkeit gesättigt ist, beinahe gänzlich undurchdringlich wird.

Die Wassermenge, welche die Erden enthalten können, ist natürlich sehr verschieden, jedenfalls aber von grosser Wichtigkeit. Der Ingenieur Leclerc behauptet, dass der Boden, der sich nur im Zustande der Feuchtigkeit befindet, eine Quantität Wasser enthält, die zwischen 15—23 Prozent seines Gewichtes abwechselt; das Verhältniss nach dem Volum wäre demnach 0,225 bis 0,345 pro Kubikmeter. Nach dieser Zahl kann man beurtheilen, wie gross die Wassermenge sein muss, welche in den feuchten Terrains enthalten ist, die man häufig bei der Eröffnung der Einschnitte antrifft; offenbar muss diese Quantität, die wir nicht bestimmen können, sehr bedeutend sein.

67. Aufträge. — Dem oben angeführten Prinzip gemäss absorbiren die aufgetragenen oder durch die atmosphärischen Einflüsse enthäuften Erdarten eine sehr grosse Wassermenge, was sich sehr leicht durch die Menge Risse, die in demselben entstehen, oder durch eine grosse Anzahl von Zwischenräumen erklärt, deren Totalvolum manchmal demjenigen der Hälfte des ganzen Volums der Aufträge gleich sein kann. Sazilly behauptet in der That, dass ein Auftrag aus reinen Lehmschollen, die von dem Waggon abgeladen werden, sehr beträchtliche leere Räume enthält, deren Volum im Durchschnitt 0^m46 pro Kubikmeter betragen kann. Hiernach ist es leicht verständlich, welche ungeheure Wassermenge in einem solchen Auftrage enthalten sein mag.

Die Erden verlieren das darin enthaltene Wasser entweder in Folge ihrer Durchdringlichkeit oder durch Verdunstung. Sie können mit einer Leichtigkeit austrocknen, welche meistens im Verhältniss zu der Geschwindigkeit steht, womit sie das Wasser absorbiren. Thon und Sand sind also in dieser Beziehung die beiden entgegengesetzten Typen. Beim Abtrage verliert der Thon niemals die ganze von ihm aufgesaugte Feuchtigkeit; er gibt nur den Ueberschuss einer Quantität ab, die er so zu sagen im Zustande der Kombination enthält. Selbst der Sand behält immer eine gewisse Quantität seiner Feuchtigkeit bei; er könnte sie sogar nicht einmal ganz verlieren, ohne dadurch gänzlich modifizirt zu werden.

Die thonhaltenden Aufträge, welche viel Wasser enthalten, werden nur nach einer sehr langen Zeit bis auf eine gewisse Tiefe wasserfrei. Wir haben selbst vor einigen Jahren zu beobachten Gelegenheit gehabt, dass ein thonhaltiger Auftrag, der während des Winters aufgeführt wurde, noch eine grosse Menge von Erde enthielt, die ganz flüssig war, und als wir im folgenden Frühjahre die Konsolidation unternahmen, enthielt sie selbst sehr voluminöse Lehmstücke, welche sich genau in demselben Zustande befanden als in derselben Zeit, wo sie mit der übrigen Erde waren herbeigeschafft worden.

Was die Terrains betrifft, die aus einer Mischung von Thon und Sand bestehen, so ist es natürlich anzunehmen, dass sie das Wasser nach dem Verhältniss des Sandes absorbiren und es nach Massgabe des Antheils von Thon zurückhalten müssen.

68. Kohäsion. — Die Kohäsionskraft der Erde ist im Allgemeinen sehr gering, wenn sie keine Feuchtigkeit hat, oder wenn sie eine zu grosse Quantität Wasser enthält. Der Moment, in welchem diese Kraft mit der grössten Stärke wirkt, ist sehr schwierig zu bestimmen, unmöglich aber erscheint es mit einer gewissen Genauigkeit den Grad der Feuchtigkeit anzugeben, welchem das Maximum der Kohäsionskraft entspricht; sie richtet sich natürlicher Weise nach der Beschaffenheit der Erden, nach ihrer Art sich zu enthäufen, nach dem Volum ihrer Moleküle und nach ihrer mehr oder minder dichten Textur.

Der Thon ist unter allen Erdarten diejenige, welche die meiste Kohäsion besitzt; der Sand eine von denjenigen, wo diese Kraft die geringste ist. Indessen findet man sehr häufig beinahe reine Sandschichten mit sehr feinem und dichtem Korn, welche eine grosse Zähigkeit haben und deren Ablösung beinahe eben so schwierig ist als bei gewissen thonhaltigen Terrains.

Im Allgemeinen ist die Kohäsion der Erden proportional der darin enthaltenen Menge von Thon; sie ist geringer bei aufgetragener als bei natürlicher Erde, nimmt aber durch das Stampfen auf eine sehr merkwürdige Weise zu, wodurch die Zusammendrängung der Moleküle bewirkt wird, die Risse beseitigt werden und ausserdem eine grössere Gleichmässigkeit in den Massen hinsichtlich der Konsistenz und der Natur der Erden entsteht.

Wenn die gestampfte Erde ihr ganzes Kombinationswasser oder einen Theil desselben verliert, so

entsteht dadurch ein bedeutendes Schwinden, das sich bis 0m16 des ursprünglichen Volums beim Thon erstrecken kann. Bis zu einem gewissen Punkt lässt sich diese Zusammenziehung erklären, wenn man annimmt, dass sich durch die Beseitigung des Wassers Zwischenräume erzeugen, die durch die Verschiebung der anstossenden Moleküle ausgefüllt werden; die Folge davon ist in diesem Falle, dass sich die Kohäsionskraft nur vermehren kann. Wenn bei noch nicht umgearbeitetem Terrain dieselbe Bewegung entsteht, so ist die Verschlechterung der Erde die offenbare Folge davon, welche alsdann in den Zustand der aufgetragenen Erde übergeht, und die Kohäsion vermindert sich.

Die Austrocknung veranlasst in den aufgetragenen Erden eine vollständigere Enthäufung der mehr oder minder voluminösen Fragmente, welche durch die Erdarbeiten nicht verkleinert werden konnten. Die grössten Zwischenräume vermindern sich, während sich deren eine unendliche Menge anderer kleinerer bilden, die aber noch zu bedeutend sind, als dass die molekulaire Attraktion darauf mit vieler Kraft einwirken könnte; und in diesem Falle wird auch die Kohäsion vermindert.

Die Einführung einer zu grossen Wassermenge in die Erde hat auch die Folge, dass ihre Kohäsionskraft geschwächt wird, doch geschieht dies im Allgemeinen nur bei aufgetragenen oder durch die atmosphärischen Einflüsse enthäuften Terrains; denn wenn der Thon im natürlichen Zustande mit Feuchtigkeit gesättigt wird, so wird er beinahe undurchdringlich; die übrigen Erdarten lassen die im Uebermasse in ihnen enthaltene Feuchtigkeit entweichen. Entstehen Einstürze in den natürlichen Terrains durch die Verminderung ihrer Kohäsionskraft, so kann man es fast immer erkennen, dass dies die Folge von zufälligen Verhältnissen war, z. B. von Rissen, die durch die Trockenheit entstanden, oder von natürlichen Spalten einer gewissen Wichtigkeit, von bedeutenden Drücken oder von der mechanischen Wirkung der in die Spalten oder Risse des natürlichen Terrains eingedrungenen Gewässer.

Die Kohäsion der Aufträge wird bedeutend vermindert, wenn sie eine grosse Menge von Wasser enthalten, denn die Moleküle, welche vorher nur eine geringe Verbindung unter sich hatten, werden durch die Eindrängung des Wassers alsdann noch unabhängiger voneinander, durch das es ihnen dann auch leichter gemacht wird, dass sie sich bewegen und sich unter dem Einfluss der übrigen Kräfte, denen sie unterworfen sind, verschieben können; der Thon kann selbst wegen der Feinheit der Theile, woraus er besteht, selbst in einen Zustand der Flüssigkeit übergehen, wenn er mit einer grossen Wassermenge in Berührung kommt.

Die Ermittlung der Kohäsionskraft ist eine sehr missliche Arbeit, welche auch nur zu ungewissen Resultaten führen kann; nach dem Obigen ist die Unmöglichkeit leicht begreiflich, diese Kraft bei allen Erdarten, welche verschiedene Grade der Dichtigkeit und Feuchtigkeit haben, berechnen und zugleich auf die Art und Weise der Agregation der Erdarten Rücksicht nehmen zu wollen.

Die verschiedenen Versuche über die Kohäsion des Thones, die von Collin mit ausserordentlicher Sorgfalt angestellt wurden, sind für den Nothfall hinreichend, um zu beweisen, dass diese Erden mit einer sehr grossen Kohäsionskraft begabt sind, selbst in den ungünstigsten Fällen. Ohne zu Versuchen seine Zuflucht zu nehmen, kann man sich von der Stärke dieser Kraft während des Abtrages in den thonhaltigen Einschnitten einen Begriff machen; man kann z. B. bemerken, wenn die Arbeiter zur Erleichterung des Abtrages die Erde unterminiren, dass es nicht genug ist einen Körper *ABCD* (Fig. 38) an fünf Seiten zu isoliren, damit ein Bruch von *B* nach *C* stattfinde; man muss auch noch eine grosse Kraft bei *B* aufwenden und Gebrauch von Keilen machen, die man durch viele und kräftige Schläge versenkt. Diese Beobachtung, wie auch die Versuche Collin's beweisen offenbar, dass die Kohäsionskraft des Thons im Zustande des natürlichen Terrains viel bedeutender ist als die Schwere.

69. Reibung. — Die Reibung hängt hauptsächlich von der Beschaffenheit der Erde und ihrem Feuchtigkeitsgrade ab.

a) Natürliche Terrains. — Die Widerstandsreibung variirt zwischen sehr ausgedehnten Grenzen, je nach der Beschaffenheit der Erdarten; sie ist sehr gross bei grobem Sande und viel schwächer bei sehr feinen thonhaltigen Erden, nimmt aber nach Massgabe ab als die Feuchtigkeit der Erde zunimmt.

b) Aufgetragene Erde. — Wenn die Erdarten irgend eine Veränderung in ihrer Struktur, z. B. Aufträge oder Einstürze oder Enthäufungen durch atmosphärische Einflüsse erlitten haben, so wird die Reibungswiderstandsfähigkeit weit geringer als die der natürlichen Terrains, und zwar wegen der Leichtigkeit, mit der die Moleküle der beiden reibenden Flächen in Folge der geringsten Kraftäusserung sich verschieben können. Sie steht hier noch im Verhältniss mit der Beschaffenheit der Erde und richtet sich nach dem Grade der Feuchtigkeit; sie wird aber geringer beim Thon als beim Sande, viel geringer bei genässtem Terrain als bei jenem, welches keine Feuchtigkeit enthält; auch vermindert sie sich, wenn die Erde zu trocken wird, besonders bei gänzlicher Enthäufung, wenn die Kohäsion sich durch die Beseitigung des Wassers vermindert.

c. Gestampfte Erde. — Die Intensität der Reibung der gestampften Erde ist bei weitem grösser als in den vorstehenden Fällen, und zwar ohne Zweifel wegen ihrer grössern Elastizität, ihrem Kohäsions- und ihrem Zusammendrücknngsgrade. Aus diesem Grunde muss man stets bei allen Auftragsmethoden dahin streben, diese Kraft zu vermehren. Obgleich die Reibung eine viel geringere Kraft ist als die der Kohäsion, so ist sie doch immer noch gross genug, um Rücksicht darauf zu nehmen, selbst in den ungünstigsten Fällen; oft ist sie hinreichend, um eingestürzte Massen in einem provisorischen Gleichgewichtszustande zu erhalten.

Die beinahe genaue Bestimmung der Reibungswiderstandsfähigkeit, besonders bei thonhaltigen Erdarten, erscheint uns beinahe unmöglich, weil diese Kraft niemals allein wirkt; es entsteht während der Bewegung eine innigere Annäherung zwischen den gleitenden Flächen, was die Erzeugung oder vielmehr die Vermehrung der Kohäsionskraft zwischen den sich berührenden Flächen zur Folge hat. Daher erklärt sich auch die Ungleichheit der Resultate aus verschiedenen Versuchen, die mit der grössten Sorgfalt angestellt wurden; auch ist es aus demselben Grunde so schwierig die allgemeinen Gesetze der Reibung auf die thonhaltigen Terrains anzuwenden.

70. Durchdringlichkeit. — Durchdringlich ist eine Erdart, wenn sie das Wasser leicht durch ihre Poren und durch die Risse ziehen lässt, welche die Massen zertheilen.

Die in den Erdarten enthaltenen Gewässer sind zwei entgegengesetzten Kräften unterworfen; einerseits ist es die Schwere, welche sie senkrecht niederzudrücken strebt, anderseits die Kapillarität, in Folge deren sich das Wasser hebt und sich nach allen Richtungen einer porösen Masse auszudehnen strebt.

Die Schwere ist eine konstante Kraft, die nur mit der Dichtigkeit der Körper variirt, auf welche sie wirkt; sie ist daher in Betreff des Wassers stets dieselbe. Die Kapillarität aber richtet sich nach der Natur der Erdarten und ihrem Grade der Porosität. Man kann annehmen, dass die Affinität des Wassers für gewisse Erdarten die Stärke der Kapillarkraft erhöht, offenbar aber ist es, dass sie stets im umgekehrten Verhältniss der Porosität der Körper steht. Diese Kraft ist in der That bei weitem mächtiger bei grobem als bei feinem Sande; sie ist sehr bedeutend bei den verschiedenen Thonarten, wo sie weit über der Wirkung der Schwere steht.

Die thonhaltigen Erden sind also von Natur undurchdringlich; wenn es sich ereignet, dass thonartige Schichten Wasser durchlassen, so ist diess nur eine Folge von vorhandenen Rissen, die mit durchdringlichen Stoffen gefüllt sind, oder von breiten Spalten und weiten Zwischenräumen, durch welche das Wasser in Folge seiner Schwere unbehindert durchfliessen kann. Aus diesem Grunde sind die thonartigen Aufträge durchdringlich, besonders wenn sie erst neuerdings aufgeführt worden sind, und daher stösst man auch manchmal auf thonhaltende Schichten, welche dem inneren Sickerwasser Abfluss gewähren.

Die zubereiteten thonhaltigen Erden mit einer dichtern Textur als die gewöhnliche Erde der Aufträge und nicht gespalten wie die noch nicht berührte Erde, sind bei weitem undurchdringlicher als die letztern. Diese neue Eigenschaft der thonhaltigen Erde ist oft ausgebeutet worden, wenn es sich um die Konstruktion von Kanälen und der Anlage von Dämmen für Wasserbehälter oder Wasserläufe handelte.

Hauptsächlichster Grundsatz der Konsolidationsmethode.

71. Die Erdmassen sind dem Einfluss dreier hauptsächlichsten Kräfte unterworfen, nämlich der Schwere, der Kohäsion und der Reibung.

Die Schwere ist eine den Massen proportionale permanente Kraft; die Kohäsion und die Reibung variiren nach der Beschaffenheit der Erde und ihrem Feuchtigkeitsgrade; wir haben im Vorstehenden gesehen, wie ihre Intensität zu- und abnehmen kann. Die Schwere strebt beständig dahin, die Körper aus den Lagen herauszunehmen, die unter denen sind, welche sie einnehmen. Die Reibung und die Kohäsion der Erden tragen gleichzeitig zu einem verschiedenen Resultat bei, welches darin besteht, sie fortwährend in demselben Zustande zu erhalten.

Durch die gleichzeitige und entgegengesetzte Wirkung dieser drei Kräfte also entsteht die Stabilität oder die Bewegung der Massen. Stabilität ist vorhanden, wenn die Resultante der beiden Kräfte, der Kohäsion und der Reibung, grösser ist als die Schwere; im entgegengesetzten Falle findet eine Bewegung statt.

Eröffnet man also einen Einschnitt oder führt man einen Damm auf, so werden die Terrains, wie auch ihre Natur und die Lage ihrer verschiedenen Schichten beschaffen sein möge, sich immer dann in einem Gleichgewichtszustande befinden, wenn die Kohäsion und die Reibung in Verbindung eine grössere Kraft hervorbringen als die Wirkung der Schwere; nothwendigerweise aber werden Einstürze erfolgen, wenn diese letztere Kraft die beiden andern übersteigt.

Diese Erklärung ist die einfachste und getreueste, welche wir über die ursprüngliche Ursache der Einstürze geben könnten, und auf diesem Grundsatz sind auch alle unsere Konsolidationsmethoden der Böschungen basirt. So viel als möglich die Wirkung der Schwere auf die Massen zu vermindern, alle Ursachen, welche dahin streben die Kohäsion und die Reibung zu schwächen, zu beseitigen, diess ist in der That der Zweck, den man erreichen muss, um die Stabilität der Terrains zu sichern.

Unser System ist sicherlich nicht das einzige, das uns die Mittel zur Herstellung des Gleichgewichtes der Massen verschafft; wir werden im weiteren Verlaufe sehen, welches diejenigen sind, die ähnliche Bürgschaften für die Sicherheit bieten. Wir haben aber die Ueberzeugung, dass unser System, das in dieser Abhandlung in seiner ganzen Ausdehnung dargestellt ist, vor allen andern den Vortheil der Einfachheit der Mittel und einer grossen Oekonomie besitzt.

Ursachen der Einstürze der Böschungen und Abträge.

72. Atmosphärische Einflüsse. — In Folge ihrer Lage an der trockenen Luft verlieren die natürlichen Terrains die darin enthaltene Feuchtigkeit auf eine gewisse Tiefe, die sich nach der Beschaffenheit der Erde, dem hygrometrischen Zustande der Atmosphäre und nach der Dauer der Trockenheit richtet.

Durch die Verdunstung verlieren die Erden nebst der Feuchtigkeit einen Theil ihrer Kohäsion, was sich besonders bei den sandigen Erden durch die Beweglichkeit ihrer enthäuften Theile offenbart; die thonhaltigen Erden erleiden ein beträchtliches Schwinden und werden auch sehr zerreiblich; oder aber, wenn der Thon dicht, sehr feinkörnig ist, so wird er nach allen Richtungen durch viele Risse gespalten, welche oft eine sehr grosse Tiefe erreichen.

Das Regenwasser vervollständigt die Thätigkeit der Zersetzung, welche mit der Trockenheit der Luft begonnen hat. Die enthäuften Erden absorbiren schnell eine sehr grosse Quantität Wasser, so dass die Reibung und die Kohäsion eine neue Verminderung erleiden, die noch bedeutender ist als die durch die Trockenheit veranlasste.

Diese Wirkung ist noch bemerkbarer bei thonhaltigen Erden als bei den übrigen Erdarten; nachdem sie durch die Trockenheit geschwunden sind, erleiden sie durch das Regenwasser ein Aufquellen, wonach sie ein grösseres Volum als ihr ursprüngliches erhalten; in Folge dieser beiden entgegengesetzten Wirkungen wird die Struktur unserer Erdarten gänzlich modifizirt und nach Verhältniss der darin enthaltenen Wassermenge können sie sehr flüssig werden, so zwar, dass die Kohäsion und die Reibung beinahe Null werden.

73. Der Frost bringt auf die Erdarten ähnliche Wirkungen hervor als die, welche durch die Abwechslung der Trockenheit und Feuchtigkeit entstehen. Das in der Erde enthaltene Wasser erfährt durch das Frieren eine beträchtliche Volumsvermehrung, und man hat gefunden, dass das Volum des Eises um ein Zehntel höher ist als das des Wassers bei gleichem Gewicht; es ist aber offenbar, dass unter dem Einfluss des Eises das Aufquellen der Erde, das durch die Ausdehnung des in ihr enthaltenen Wassers hervorgebracht wird, viel grösser sein muss als die Differenz

des Volums, die zwischen ein und derselben Quantität Wasser besteht, das im festen und im flüssigen Zustande betrachtet wird, denn das Wasser, wodurch die Feuchtigkeit der Erde entsteht, ist in der Art vertheilt, dass sich durch die Kälte nur einzelne Eispartikeln bilden können, deren Summa wegen ihrer geringen Dichtigkeit grösser sein muss als das Volum ein und derselben Quantität gefrornen Wassers, das aber in ein und demselben Raume vereinigt ist. Die Vergrösserung kann nicht mit Leichtigkeit bestimmt werden, wie wir aber gesehen haben, ist sie immerhin sehr bedeutend.

Tritt nun Thauwetter ein, so streben die Terrains nothwendigerweise dahin, ihr ursprüngliches Volum wieder einzunehmen; die Verschiebung aber und die Zusammenziehung, welche sie erlitten, haben die Wirkung gehabt, dass sie enthäuft und aufgelockert wurden; ausserdem hat der stets nach Thauwetter eintretende Regen, der eine neue Verminderung der Kohäsion und der Reibung veranlasst, seinen Einfluss zu dem der Schwere hinzugesellt, indem er das Gewicht der Erde durch den Hinzutritt einer gewissen Wassermenge vermehrt und den enthäuften Massen einen Theil der Bewegung mittheilt, womit es selbst begabt ist.

74. **Innere Gewässer.** — Der Gewässer, deren Bewegung im Innern der Erde Veranlassung zu Einstürzen werden kann, gibt es vier Arten:

a. Wasser von Durchsickerungsschichten,

b. Sickerwasser an den Wurzeln,

c. Thauwasser,

d. an der Oberfläche des Bodens stagnirendes Wasser.

75. Das von Regengüssen oder vom Schneeschmelzen herrührende Wasser wird von dem Erdreich absorbirt, welches senkrecht in den Boden hinuntergeht, bis es auf thonartige Schichten stösst und alsdann durch die durchdringlichen Schichten zieht, die auf den thonhaltenden Schichten aufliegen, und dabei so viel als möglich dem grössten Gefälle dieser letzteren folgen.

Wenn man einen Einschnitt gräbt, so wird sich das Wasser, welches früher nach der Tiefe des Thales abfloss, frei über die Oberfläche der Böschungen verbreiten und bis in die Abzugsgräben oder bis zur Sohle der Einschnitte hinabfallen.

Das innere Wasser der Durchsickerung verursacht Abrutschungen in den Einstürzen, sei es nun, dass es die Thonschichten erreicht, worauf die wasserführenden Schichten oder Durchsickerungsbänke liegen, oder dass es die Kohäsion der Erde im Innern oder an der Oberfläche der Böschungen vermindert. Wenn es, wie in dem ersten Falle, reichlich vorhanden ist, um in die thonhaltenden Schichten, selbst auf eine sehr geringe Stärke einzudringen, so muss die Reibungswiderstandsfähigkeit nothwendig eine geringere werden. Es vermindert die Kohäsion der Erde, indem es ihre gewöhnliche Feuchtigkeit vergrössert oder die Trennung der Erdkörper veranlasst; z. B. in Folge seiner Reichhaltigkeit führt es in die senkrechten, durch die Trockenheit erzeugten Spalten kieshaltige oder sandige Stoffe ein, welche an der Oberfläche des Bodens lagen und von den Regengüssen eingespült wurden. An der Oberfläche der Böschungen besteht die Wirkung des Wassers in der Verdünnung der enthäuften thonhaltigen Terrains und in dem Fortspülen der durchdringlichen Erden selbst, wenn diese natürlicher Weise wenig Kohäsion haben und das Wasser sehr reichlich ist.

Das an der Oberfläche zum Vorschein kommende Durchsickerungswasser entsteht also, wie wir im Vorstehenden gesehen haben, von demjenigen, das auf die Oberfläche des Bodens fällt oder durch das Schmelzen des Schnees entstanden ist.

Man hat gefunden, dass die alljährlich auf den Boden fallende Wassermenge im Durchschnitt 5 Hektoliter 60 Liter pro Quadratmeter beträgt; Versuche, die in England gemacht wurden, gestatten die Annahme von 41 Prozent dieses Volums, das in die Erde dringt, oder 2 Hektol. 38 Liter pro Quadratmeter und pro Hektare 23,800 Hektoliter. Man kann sich hiernach einen Begriff von der ungeheuren Wassermenge machen, welche von den wasserführenden Schichten eines thonhaltigen Terrains geliefert werden.

76. Wenn in waldigen Gegenden ein Einschnitt eröffnet wurde, so veranlassen die Wurzeln der Pflanzen beinahe immer reichliche Durchsickerungen an dem obern Theil der Böschungen. In der Regenzeit wird das Wasser von den zahlreichen Kanälen, welche durch die verfaulten Wurzeln der von der Oberfläche des Bodens verschwundenen Pflanzen entstehen, schnell absorbirt; von diesem Wasser, das gröss-

tentheils in dem Raum gesammelt wird, der zwischen der Oberfläche des Bodens und der untern Grenze der Wurzeln enthalten ist, sinkt ein Theil senkrecht hinab, so weit es die Durchdringlichkeit der Erde gestattet; der andere Theil strömt dem freien Ausgange zu, der ihm durch die Eröffnung der Einschnitte an der Böschungsfläche gegeben wurde. Dadurch entstehen wirkliche Durchsickerungsschichten, die sich aber von den vorigen durch die Reichhaltigkeit auf eine bedeutende Höhe und durch die Intermittenz der Quellen unterscheiden. Auch ist zu bemerken, dass die untere Grenze der Durchsickerung sehr selten bestimmt werden kann wegen der sehr verschiedenen Tiefen, welche die Wurzeln nach dem Alter ihrer Pflanzen erreichen können. Es sind also die Dimensionen der Wurzeln, welche gewöhnlich die untere Grenze der Durchsickerungen bestimmen, denn es kann vorkommen, dass man diese Grenze in der Mitte einer gleichmässigen Schicht *A B* (Fig. 39) findet.

77. Beim Thauwetter bildet sich eine dritte Art von Durchschwitzung an dem obern Theil der Böschungen, und zwar in Folge der Undurchdringlichkeit der gefrornen Erde und des grossen Ueberflusses an Wasser, welche der Boden alsdann enthält. Während des Winters ist die Erde auf eine Tiefe gefroren, die sich nach der Beschaffenheit der erstern und nach der Stärke des Frostes richtet; sie bildet alsdann eine undurchdringliche Decke, ungefähr wie es in Fig. 40 dargestellt ist.

Der Thau zeigt sich zuerst an der Oberfläche der Erde und dringt nach und nach bis zur grössten Tiefe des gefrornen Terrains vor. Bis dahin aber, dass der Thau diese letzte Grenze erreicht hat, konnte ein grosser Theil des Wassers von der Oberfläche des Bodens frei über die Böschungsfläche strömen und eine Einsickerung bilden, deren Höhe sich mit der Zunahme des Thaues vermehrt (Fig. 41).

78. Das über den Einschnitten und nächst der obern Kante der Böschungen sich aufhaltende Wasser gibt sehr häufig Veranlassungen zu bedeutendern Einstürzen als die sind, welche von dem Wasser der gewöhnlichen Durchsickerungsschichten verursacht werden. Die Reibung und die Kohäsion der Erde muss in der grössten Anzahl von Fällen durch die langsame und ununterbrochene Absorption des an der Oberfläche des Bodens stagnirenden Wassers unvermeidlich zerstört werden (Fig. 68). Ausserdem kann es geschehen, dass bei einer eigenthümlichen Lage des Terrains voluminöse Einstürze durch eine sehr geringe Wassermenge veranlasst werden, wie z. B. im Winter des Jahres 1857, wo ein Einsturz von 8000^{m}0 in dem Einschnitt von Briel in einer Nacht vorkam und der Richtung eines Geleises folgte, das auf beiläufig 50^{m}0 Länge 0^{m}60 tief mit Wasser angefüllt war. Dieses Geleise befand sich unmittelbar über einer natürlichen Trennungsfläche, die den Charakter einer gewöhnlichen Spalte hatte (Fig. 42). Ein 1$^{1}/_{4}$ Tag anhaltender Regen war hinreichend, um den Bruch des Erdkörpers *A B C D* zu bestimmen.

79. Die Umfangsgräben, die man an den Rand der Einschnitte legt, um die Böschungen vor der Wirkung des Wassers zu schützen, das von höheren Hügeln herabfliesst, haben dieselben Uebelstände als die Geleise; sie konzentriren eine grosse Wassermenge auf einem beschränkten Raume, und auf der andern Seite ist es unmöglich sie so anzulegen, dass alles von ihnen aufgenommene Wasser schnell abfliesse, denn trotz aller noch so gut geleiteten Unterhaltungsarbeiten bringt man es nicht dahin, ihnen ihre ursprüngliche unregelmässige Form zu erhalten und ihre Zerstörung durch das Wasser zu verhindern. Die nothwendige Folge davon ist, dass das unter der Sohle des Grabens liegende Erdreich eine grosse Quantität Wasser absorbirt, die ihre Kohäsionskraft vermindert; das Wasser kann übrigens auf seinem Laufe auf natürliche Spalten oder Risse stossen, die sein Eindringen in den Massen erleichtern, wodurch diese gestört werden.

Es liessen sich eine Menge von Beispielen zur Unterstützung dieser Bemerkungen anführen; viele beträchtliche Einstürze haben keine anderen Ursachen gehabt, und wir nehmen keinen Anstand zu behaupten, dass die Umfangsgräben immer streng verboten werden müssen, wenn es sich um Einschnitte in Thongrund handelt.

80. Wenn bei einer eigenthümlichen Beschaffenheit des Bodens oder in Folge einer schlechten Ausführung der Erdarbeiten das Regenwasser sich über den Einschnitten an Stellen, welche durch die Senkung des Terrains entstanden sind, oder in Löchern aufhält, die in dem Mangel von Regelmässigkeit ihre Ursache haben, so können aus ähnlichen Ursachen als den er-

klärten Abrutschungen stattfinden. Diese Ursache der Einstürze muss immer sorgfältig vermieden werden, und man braucht nur ihre Wichtigkeit einzusehen, um es streng zu vermeiden, dass diejenigen Wasserflächen entstehen, die sich über den Einschnitten bilden können; eine Arbeit übrigens, welche unter allen Umständen ausserordentlich leicht und nicht kostspielig ist.

81. Verschiedene Ursachen. — Ausser den Ursachen der Einstürze, welche wir untersucht haben, bestehen noch andere, die man „untergeordnete" nennen könnte; es sind diejenigen, die sich auf die verschiedene Beschaffenheit der Erdreiche bezüglich der Enthäufung derselben so wie auf die Neigung der Böschungen und auf die Abrutschungsschichten beziehen. Im Allgemeinen wirken diese Ursachen nicht ohne Beihülfe des Wassers oder der atmosphärischen Einflüsse; indessen ihrer Wichtigkeit wegen glauben wir sie zum Gegenstande einiger Betrachtungen machen zu müssen.

82. Verschiedene Beschaffenheit der Terrains. — Diejenigen Erdarten, worauf sich unsere Konsolidationsmethoden beziehen, sind hauptsächlich die thonhaltigen, sandigen und die aus einem Gemisch von Sand und Thon bestehenden so wie die thonhaltigen Mergel.

Wir haben die besonderen Eigenschaften des Thons bereits angegeben; sie bestehen hauptsächlich in ihrem Aufquellen, wenn sie feucht werden, manchmal schon bei der blossen Berührung der Luft, in ihrem bedeutenden Schwinden bei trockener Jahreszeit, und in ihrer Leichtflüssigkeit bei der Berührung mit Wasser. Die Terrains dieser Art geben Veranlassung zu Einstürzen an der Oberfläche und zu solchen in der Tiefe, welche oft eine bedeutende Ausdehnung erreichen.

Den dichtesten Thon nennt man Lehm, und es sind diese Art die undurchdringlichsten und diejenigen Schichten, welche sich am schwierigsten abhacken lassen und sich bei der Trockenheit an der Böschungsfläche sehr leicht zersetzen, was aber besonders beim Thauwetter der Fall ist.

83. In Folge von Regengüssen und Frost stürzt der Sand gewöhnlich nur unbedeutend an der Oberfläche ein, weil er meistens keine Durchsickerungsschichten enthält, so dass man nur eine Enthäufung der der Luft ausgesetzten Theile zu befürchten hat, die übrigens durch die geringe Kohäsion der sandigen Erden begünstigt wird.

Es kann jedoch vorkommen, dass ein Terrain aus aufeinander folgenden Sandschichten, die einen verschiedenen Kohäsionsgrad haben, oder aus einer starken Sandschicht auf undurchdringlichem Terrain besteht, und dass ausserdem die durchdringlichsten Schichten eine grosse Menge Sickerwasser durchlassen. Aus dem Zusammentreffen dieser Umstände entstehen immer voluminöse Einstürze, die sich nach und nach und so zu sagen ohne Unterbrechung erzeugen, so dass in wenigen Tagen die eingestürzten Massen bedeutende Verhältnisse einnehmen können. Die schwierigsten Befestigungsarbeiten sind ohne Widerrede diejenigen, deren Zweck es ist, die Stabilität des beweglichen Sandes zu erhalten; die kräftigsten Massregeln sind dazu oft nicht ausreichend, wie z. B. die in dem Einschnitt von Voussy (Strassburger Linie) beweisen.

84. Die Terrains, welche aus einer Mischung von Thon und Sand bestehen, nehmen die Benennung „sandiger Thon", wenn der Thon vorherrschend ist, und „thonhaltiger Sand" an, wenn dagegen das Verhältniss des Sandes etwas grösser als das des Sandes ist. Die Terrains dieser Art sind immer den Abrutschungen an der Oberfläche unterworfen; die Masseneinstürze, welche durch die Wirkung des innern Wassers entstehen, sind immer unbedeutender als beim Thon, d. h. bei übrigens gleichen Umständen. Es ist offenbar, dass sie mehr oder minder leichter stattfinden, je nachdem der Antheil des Thons mehr oder minder bedeutend ist.

85. Man findet im Rheinbecken eine Art von thonhaltigem Sande, den man mit dem Namen „Lehm" oder „Loes" bezeichnet, der mit den Benennungen im Französischen nichts gemein hat. Diese Terrains geben selten Veranlassung zu tiefen Abrutschungen, es sei denn, dass solche durch Arbeiten herbeigeführt wurden, durch welche die Kohäsion der Massen aufgehoben wird; die unvermeidliche Wirkung des Frostes aber ist die Entstehung von oberflächlichen Einstürzen von viel grösserer Ausdehnung und einer Tiefe, welche bis zu 0^m50 reichen kann. Die Lehmschichten sind gewöhnlich durch natürliche sehr tiefe Spalten getheilt, die sich manchmal an der Böschungsfläche

durch Linien einer eigenthümlichen Nnance offenbaren, die man aber in trockenen Jahreszeiten stets erkennen kann. Obgleich die Schichten in ihrer ganzen Mächtigkeit homogen erscheinen, so bemerkt man doch nicht selten in verschiedenen Höhen feuchte Zonen, welche lange Zeit nach Regengüssen und hauptsächlich nach Thauwetter widerstehen (Fig. 147 bis 150); doch finden diese Durchsickerungen im Allgemeinen nicht häufig statt, nnd die Fenchtigkeit, die sie an der Böschungsfläche hervorbringen, wird beinahe immer durch die Luft, durch die blosse Wirkung der Verdunstung absorbirt. Nach starken Regengüssen aber, welche die Zerstörung der Böschungen herbeiführen konnten, oder während des Thauwetters können die innern Gewässer manchmal sehr mächtig dazu beitragen, die zerstörenden Wirkungen der Regengüsse und der Fröste zu erhöhen, und zwar in Folge ihrer grossen Menge und der geringen Feuchtigkeit, die durch die Verdunstung verschwinden kann; indessen sind beinahe in allen Fällen die Einstürze oberflächlicher Art.

86. Die eigenthümliche Eigenschaft der thonhaltigen Mergel besteht in der Leichtigkeit, mit der sich diese Gebilde bei der Berührung mit Luft enthäufen. Die mergelhaltigen Erdarten sind beinahe immer den Zerstörungen an der Oberfläche ausgesetzt; wenn sie aber von vielen Durchsickerungsschichten durchsetzt werden und die Struktur der Massen der Stabilität der Erde nicht günstig ist, so kann es sich ereignen, dass die Abrutschungen bedentende Verhältnisse annehmen, und zwar in Folge der Enthäufung der Erden, welche der Luft und der aufweichenden Wirkung des Wassers ansgesetzt sind.

87. Struktur der Erden. — Die Struktur der Erde hat, wie wir im Vorstehenden gesehen, einen beträchtlichen Einfluss auf ihren Kohäsionsgrad; übrigens ist es leicht begreiflich, dass die Theilung der Massen in verschiedene Theile, deren Verbindungsflächen mehr oder minder geneigt sind, die Wirkung der Schwere sehr begünstigt, da jede Moleküle durch die Wirkung der Gravität alsdann in die Bewegung hineingerissen wird.

Was bei Gelegenheit der allgemeinen Eigenschaften der Terrains über diesen Gegenstand gesagt wurde, ist hinreichend, um die ganze Bedeutung zu begreifen, die man der etwas regelmässigen Art der Struktur zuwenden muss, wenn sich diese Gelegenheit darbietet; wir glauben es hinlänglich bewiesen zu haben, dass die natürliche Theilung der Erdmassen eine der Ursachen ist, welche am mächtigsten die Erzeugung von Einstürzen an den Böschungen der Abträge begünstigen müssen.

88. Neignng der Böschungen. — Die Neigung der Böschungen hat eine der direktesten Beziehungen zn der Wirkung der Schwere. Gibt man den Böschungen eine stärkere Neigung, z. B. diejenige, welche der Eigenschaft der Erde entspricht, so begünstigt man immer die Erzeugung von Einstürzen an der Oberfläche und selbst häufig die der Masseneinstürze.

Es sind übrigens bisher viele Versuche gemacht worden, um auf eine genaue Art diese Neigungen zu bestimmen, welche für die Böschnngen der Abträge und Aufträge die zweckmässigsten sind. Es ist sicherlich zu bedauern, dass die Untersuchungen, denen sich so viele gelehrte Ingenienrs über diesen wichtigen Gegenstand gewidmet haben, nicht zu befriedigenden Resultaten gelangen konnten, besonders in Betreff der thonhaltigen Terrains; denn es wäre sehr vortheilhaft à priori mittels einiger Formeln die Gleichgewichtsbedingungen der Erdmassen zu bestimmen; viele Unfälle könnten dann vermieden, viele Sparsamkeit erreicht werden.

Ohne das Interesse zu verkennen, das die Arbeiten der Ingenieure bieten, welche sich in theoretischer Beziehung mit der Stabilität der Böschungen beschäftigt haben, erscheint es uns dennoch offenbar, dass die Berechnung stets unwirksam sein wird zur Bestimmung des Grades der Neigung, der in verschiedenen Verhältnissen anzunehmen ist. Bevor man die Kräfte, denen die Massen ausgesetzt sind, berechnet, muss man offenbar auf eine genaue Weise ihre Wirkungsart und ihre Intensität kennen lernen, und man muss vor allem keine unberücksichtigt lassen. Wir haben bereits die Unmöglichkeit erkannt genaue Koeffizienten zu finden, wenn es sich um die beiden hauptsächlichsten Kräfte der Kohäsion und der Reibung handelt. Die Schwere selbst muss sich nothwendiger Weise nach der der Erde beiwohnenden Feuchtigkeit richten. Wir haben anch gesehen, von welcher Wichtigkeit die Betrachtungen werden können, die sich an die Beschaffenheit der Erden und an ihre Struktur knüpfen; die Wir-

kungen der atmosphärischen Einflüsse sind gar nicht zu berechnen, denn wie will man eine Berechnung anstellen, wenn sie auf so zahlreichen und so veränderlichen Elementen beruht? „Nur dann, sagt treffender Weise Collin, wenn man die Bedingungen des Problems nach unseren Zuständen annimmt und die uns genirenden Elemente ganz ausser Spiel lässt, oder indem man von gefälligen Hypothesen ausgeht, welche von der Praxis nicht bestätigt werden; in diesen Fällen wird es uns ein Leichtes sein, das Problem in Einklang zu setzen und daraus die Unbekannten abzuleiten. Heisst diess aber die Frage in ihrer Vollständigkeit und ihrer Natur nach beantworten? Gewiss nicht, denn man würde auf diese Weise das Hinderniss nur umdrehen, nicht aber es beseitigen.“

Mittels einiger mehr oder minder genauer Formeln scheint es den Grüblern gelungen zu sein, manchmal die Bruchfläche der zusammenhängenden Massen unter dem Einfluss der Schwere und folglich einen Grad der Neigung der Böschungen zu bestimmen, der den Resultaten der Praxis sehr nahe kommt; bis zu diesem Tage aber konnte die Berechnung höchstens nur als ein Mittel betrachtet werden, das sich viel besser dazu eignete, die Lehren der Erfahrung zu bestätigen, als es zum Führer in der Praxis zu gebrauchen.

Zwei ganz einfache Beispiele eignen sich viel besser als das Raisonnement, um die Unzulänglichkeit der Berechnung zur Bestimmung der Stabilitätsbedingungen der Erden zu beweisen.

Wir haben oft bemerkt, dass die so zu sagen von der Zeit angelegten Vieinalwege beim Durchschneiden von Hügeln manchmal steile Wände, rechts und links, zeigen, deren Höhe $3^{m}0$ bis $4^{m}0$ und selbst mehr erreichen kann; ihr Profil ist meistentheils so wie es in Fig. 43 dargestellt ist. Das Terrain besteht oft aus kieshaltigem Sande, manchmal aus Lehm; wie geht es nun zu, dass ein Bruch nicht nach irgend einer krummen Linie geschieht, deren Anfang sich einige Meter hinter der Kante von jeder Wand befindet? Die Raisonnements, welche sich auf die Bestimmung der Böschungen von Eisenbahnen anwenden lassen, sollten es auch unter allen andern Umständen sein, wo man auf Terrains von derselben Art stösst; indessen die Wände der Hohlwege unterliegen keinen Modifikationen, die nach Verlauf von einer grossen Anzahl von Jahren sehr merklich würden; um sie vor Einstürzen zu bewahren genügt ein Gesträuch an der Kante der Wände, welches das Erdreich vor Feuchtigkeit bewahrt.

Wenn man zur Ausführung von Aufträgen von der Seite Abgrabungen zu machen hat, so lassen die Erdarbeiter in gewissen Entfernungen Kegel stehen, welche die Höhen der geschehenen Abgrabung angeben; der mittlere Durchmesser dieser Kegel beträgt beiläufig $1^{m}50$ für eine zwei oder dreimal grössere Höhe (Fig. 44). Das auf diese Art gestaltete Erdreich würde keine Dauer haben, wenn die angegebenen Gesetze der Stabilität der Erde wahr wären, und dennoch, wenn der Gipfel der Kegel mit einem Rasen bedeckt ist, so widerstehen sie manchmal mehrere Jahre der Wirkung der Schwere und den atmosphärischen Einflüssen.

Der Grad der Neigung, den man den Böschungen am zweckmässigsten gibt, kann nur durch die Erfahrung bestätigt werden; im Allgemeinen genügt es, auf die Struktur der Erde, auf die Wirkung des innern Wassers und auf die atmosphärischen Einflüsse Rücksicht zu nehmen. In der Praxis nimmt man nur eine kleine Anzahl von Neigungen für die Böschungen an, welche nicht von Stützmauern bekleidet werden; die Wasserbauverwaltung schreibt deren nur fünf vor, und wir glauben, dass ungeachtet der Verschiedenheit der vorkommenden Fälle die drei folgenden: 1füssige, 1¼füssige und 1½füssige unter allen Umständen genügen werden und dass sie gehörig angewendet immer den doppelten Vortheil der Festigkeit und der Oekonomie gewähren.

89. Rutschungsschichten. — Unter Rutschungsfläche muss man Flächen verstehen, welche eine natürliche Trennung zwischen zwei übereinander liegenden Schichten bilden und nur wenig Zusammenhang miteinander haben. Eine Rutschungsfläche kann zwischen zwei Thonschichten vorkommen, obschon kein zwischenliegendes durchdringliches Terrain vorhanden ist; oft aber genügt es, dass die Massen durch eine dünne Lehmschicht getrennt sind.

Die Rutschungsflächen zwischen zwei thonhaltenden Schichten offenbaren sich durch sparsame Durchsickerungen, wegen der geringen Durchlässlichkeit der wasserführenden Schicht; öfter aber erkennt man sie durch die Berührung und während der Abgrabungen.

Die Sickerungen zwischen zwei thonhaltenden Schichten lassen sich durch das Dasein von natürlichen Rissen erklären, oder aber, wie Fig. 45 angibt, durch eine eigenthümliche Lage, die man häufig bei der Ausführung eines Einschnittes wahrnimmt; meistens aber unterscheiden sich übrigens die beiden Schichten leicht voneinander durch eine Farbe und eine Textur, die von den Erden verschieden ist; auch ereignet es sich, wie man es bei dem Einschnitte von Villeneuve (Mühlhausener Linie) bemerken konnte, dass die beiden Schichten unter sich gar keine Zeichen haben, die zu ihrer Unterscheidung dienen könnten.

Die gewöhnliche Form dieser Rutschungsflächen ist im Allgemeinen eine konkave, und natürlicher Weise findet die stärkste Durchsickerung an dem tiefsten Punkt der Linie *AB* (Fig. 46) statt; manchmal sieht man an den höhern Stellen dieser Linie gar keine Spur von Feuchtigkeit. In allen Fällen wird die Rutschnngsfläche durch eine dünne Schicht sehr feinen und sehr weichen Thones bestimmt, in die man ein Rohr mit Leichtigkeit auf eine grosse Tiefe hineinstecken kann. Auch kann man sehr leicht den ganzen Lauf dieser Linie mit dem Finger zwischen den beiden thonhaltenden Bänken verfolgen.

Wenn es sich während des Grabens der Einschnitte ereignet, dass der Arbeiter glatte Flächen von gewisser Ausdehnung findet, so ist man berechtigt anzunehmen, dass hier die Spuren von Rutschungsflächen vorhanden sind. Wenn die Ausgrabung dieser Flächen näher gerückt ist, so macht der Arbeiter bei derselben Kraftanstrengung bei jedem Hieb ein grösseres Volum Erde nach der Linie *AB* (Fig. 47) wegen der geringen Kohäsion frei.

Bei der Abgrabung der Erde für die Station Bricon zeigte sich die Abrutschnngsfläche auf eine ganz eigenthümliche Weise. Die dünne Schicht weicher Erde, welche die beiden Thonschichten trennte, gab unter dem Gewicht der obern Masse nach und bildete die Form eines kleinen Wulstes, dessen Vorsprung beiläufig 0^m01 über die regelmässige Böschungslinie betrug.

Eine dünne Lehmschicht ist auch hinreichend, um eine Rutschungsfläche zu bilden; sie theilt sich aber dann so zu sagen in zwei Theile, die sich übereinander schieben, obgleich sie an dem Terrain, womit sie in Berührung stehen, hängen bleiben. Der Einsturz, der sich an der linken Seite des Einschnittes von Briel (Fig 75) ereignete, rutschte über eine Thonschicht *AB* von 0^m01 Stärke, welche die Scheidung zwischen der Sandschicht *C* und der sandigen Thonschicht *D* bildete. Der Einsturz des Einschnittes von Chevannel (Fig. 177—178) wurde durch eine dünne Schicht sehr weichen Lehms veranlasst, welcher eine beinahe senkrechte Spalte füllte, die eine schiefe Richtung gegen die Eisenbahnachse einnahm und eine vollständige Trennung zwischen den beträchtlichen Thonschichten bildete.

Diese Rutschungsflächen sind viel leichter zu erkennen als die vorhergehenden, weil die Trennung der Schichten durch eine eigenthümliche Erdart angegeben wird; auch kündigen sie sich beinahe immer durch kleine theilweise Abrutschungen von geringerer Wichtigkeit geringe Zeit nach der Regulirung der Böschungen an.

Die wichtige Angelegenheit des Vorhandenseins von Abrutschungsflächen hat die Aufmerksamkeit der Ingenieure seit langer Zeit in Anspruch genommen; einige derselben, ohne sie gänzlich läugnen zu wollen, suchten den Beweis zu führen, dass sich diese Form erst in der Zeit bilde, wo der Einsturz selbst vor sich geht; indessen ist ein wesentlicher Unterschied zu machen zwischen den Abhängen der Einstürze und dem Begriff, den man sich von einer schon vorher bestandenen Rutschungsfläche macht; die Abhänge oder Bruchflächen haben offenbar nur vorher bestanden, wenn sich ihre ganze Entwicklung auf der Thonschicht befindet, welche den Einsturz veranlassten, wie in den Fig. 75 und 178 z. B. Nun ereignet sich ein solcher Fall freilich sehr selten nnd man hat im Allgemeinen Recht zu behaupten, dass dies eine nothwendige Folge der Bewegung der eingestürzten Massen ist; da aber auf der andern Seite die Rutschungsflächen durch die natürliche Lage der Schichten und durch einen eigenthümlichen Zustand des Terrains veranlasst werden, welches zwei übereinander liegende Schichten trennt, welche zwei Umstände vor der Eröffnung der Einschnitte bestanden, so kann man nicht anders als zugeben, dass diese Abrutschungsflächen schon vorher existirten.

Wir haben hier allerdings einen sehr seltenen Fall vor uns; er ist nur fünfmal bei 11 Einschnitten

in Thonboden der Mühlhausener Linie zwischen Troyes und Chaumont vorgekommen; auch ist zu bemerken, dass dieser Umstand einer der bösesten war, die sich bei den Konsolidationsarbeiten der Böschungen ereignen können.

Ursachen der Einstürze von Aufträgen.

90. Die verschiedenen Ursachen der Einstürze liegen in den Terrains, worüber sie aufgeführt werden, und in der Beschaffenheit der Erde, wovon man sie herstellt. Die hauptsächlichsten derselben hängen ab:

a. von der Neigung des natürlichen Bodens;

b. von der Beschaffenheit und der Dichtigkeit der Erde, woraus der Boden und der Unterbau besteht;

c. von der Beschaffenheit der Erde, aus der man die Aufträge herstellt;

d. von der Lage der Schichten, woraus die Aufträge bestehen;

e. von der Wirkung des innern Wassers.

91. *a*. Ungeachtet der Vorsichtsmassregeln, die man ergreifen kann, um den Boden vorzubereiten, worüber ein Damm geführt werden soll, ist es doch niemals möglich, eine vollkommene Verbindung zwischen den Erdarten der Aufträge und dem natürlichen Terrain herzustellen; wird also ein Damm über einem Boden mit Quergefälle aufgeführt, so spielt das letztere alsdann die Rolle einer geneigten Ebene, auf der sich der Auftrag unter der Wirkung der Schwere bewegen kann (Fig. 77).

92. *b*. Wenn die Einstürze von der Beschaffenheit der Erde des Bodens abhängen, so finden sie auf zweierlei Art statt, je nachdem das natürliche Terrain horizontal ist oder ein beträchtliches Quergefälle hat. Im erstern Falle kann die Bewegung des Auftrages nur verursacht werden durch den Druck, der auf die obere Schicht des Bodens ausgeübt wird, was gewöhnlich dann der Fall ist, wenn man torfhaltigen Boden zu durchschneiden hat. Im zweiten Falle verschieben sich die Aufträge, weil sich in geringer Tiefe unter dem Boden eine Thonschicht befindet, auf welcher der obere Theil des natürlichen Terrains selbst unter dem Einfluss des Gewichtes der aufgetragenen Erde (Fig. 79) sich zu bewegen strebt.

93. *c*. Die thonhaltigen Aufträge sind offenbar diejenigen, welche die meiste Neigung zum Einsturz zeigen. Wenn man den Böschungen der Sanddämme ihre normale Neigung gegeben hat, so erleiden sie ohne merkliche Veränderung die Wirkung des Wassers und der atmosphärischen Einflüsse. Nicht derselbe Fall aber ist es bei den thonhaltigen Aufträgen; die Böschungen, welche die thonhaltigen Erden unter dem Einfluss der Schwere von selbst annehmen, variiren zwischen sehr ausgedehnten Grenzen; so können sich diese Erden einige Zeit mit einer Böschung von beiläufig 45° erhalten, wenn sie neuerdings von den Waggons frei gemacht wurden, mit denen man sie herbeiführte; wenn sie aber einstürzen, hauptsächlich in Folge der Erweichung durch die Berührung mit Wasser, so kann die Neigung ihrer Böschungen alsdann ausserordentlich gering werden und selbst einer Horizontale sich nähern, je flüssiger die Masse wird; auch ist es nicht selten eingestürzte Böschungen zu sehen, die eine Neigung von 4 bis 5^{m}0 Anlage auf 1^{m}0 Höhe haben.

Die thonhaltigen Aufträge sind also wegen der Natur der Erde, woraus sie bestehen, die einzigen, welche so zu sagen zu Einstürzen vorwiegend geneigt sind; es haben sogar einige Ingenieure wegen der Schwierigkeiten, die mit der Ausführung solcher Aufträge verbunden sind, und wegen der Unfälle, zu denen sie so oft Veranlassung geben, geglaubt aus Vorsicht die Anwendung von thonhaltigen Erden aus den Einschnitten als Auftragserde verbieten zu müssen. Man kennt die Uebelstände einer solchen Massregel und wir werden im weitern Verlaufe sehen, welcher Art die Mittel sind, welche wir für solide Aufträge von jeder Art Erdreich anwenden.

94. *d*. Die Lage der partiellen Massen, woraus die Aufträge bestehen, ist eine der häufigsten Ursachen der Einstürze. Ein Damm besteht oft aus Schichten, die in Bezug auf die Beschaffenheit der Erde und ihre Dichtigkeit verschieden sind. Die Beschaffenheit der Erde kann sich bei einem Damme von einem Punkt zum andern ändern, wenn das Terrain in den Einschnitten aus aufeinander folgenden Schichten verschiedener Art besteht und der Abtrag in Folge der Beschaffenheit des Platzes, wo die Erdarbeiten stattfinden, so vollzogen wird, dass die verschiedenen Erdarten nicht mit dem Auftrage vermischt werden.

Nehmen wir also an, dass bei einem mit Waggons bewirkten Auftrage eine durchdringliche Erdschicht

AB (Fig. 50) zwischen zwei thonhaltigen Schichten *CD* liegt; diese Lage gibt offenbare Veranlassung zu dem Glauben an eine wirklich vorher bestandene Rutschungsfläche; sobald das Wasser beim Fliessen über die Fläche *EF* der Masse *D*, die mit dem durchdringlichen Terrain *AB* zusammenstösst, dahin gelangt sein wird, die Intensität der Reibung zu schwächen, welche nach derselben Fläche *EF* ausgeübt wird, so werden die Massen *C* und (*ab*) sogleich ihre Verschiebung unter dem Einfluss der Schwere beginnen und die Abrutschungsfläche wird offenbar die Fläche *EF* sein.

Dieser Umstand kömmt, wie bereits erwähnt, am meisten vor, wenn man beim Abtrag der Einschnitte auf starke Schichten von verschiedener Art stösst, die eine solche Lage haben, dass die Waggons nur ausschliesslich aus durchdringlichem oder undurchdringlichem Terrain beladen, und auch dann, wenn die sandigen Erden nach der Aufführung des mittlern Kerns des Auftrages an der Seite abgeladen werden.

95. **Flüssige Erde.** — Wenn sich zwischen festen Erdmassen (Fig. 51) anstatt einer Sandschicht eine Anhäufung von thonhaltigem Schlamm vorfindet, so wird eine eben solche Wirkung stattfinden wie in dem vorstehenden Falle; nur wird es schneller geschehen und die Einstürze können ohne Mitwirkung des Regenwassers erfolgen, das in den Damm eindringt.

Der Abtrag der thonartigen Erde ist oft Veranlassung zur Entfernung einer grossen Quantität von Schlamm, der entweder durch die Reinigung eingestürzter Böschungen oder durch das Wegnehmen der Erde entsteht, die sich an der Dammkrone durch Wasser verdünnt hat, was durch das Gehen der Arbeiter und Pferde noch vermehrt wird. Wird nun dieser Koth zum Auftrage verwendet, so wird er fast immer auf der einen oder der andern Seite der für die Erdarbeiten in der Achse errichteten Bahn abgeladen, und er kann auf diese Weise der Herstellung und der Unterhaltung dieser Bahn nicht schädlich sein; durch die Lage aber, die er annimmt, wenn er der Böschung des mittleren Kerns des Auftrages folgt, macht er die Bewegung der ihn bedeckenden Masse *M* unvermeidlich.

Enthäufte Erdarten. — In sehr seltenen Fällen werden die Aufträge gleichzeitig nach der ganzen Breite ihrer Profile ausgeführt, was oft in der Nichtachtung der zweckmässigen Vorschriften der Ingenieure liegt; jedoch ereignet es sich auch oft, dass die Ergänzung der Aufträge bis zu einer gewissen Zeit nach der Eröffnung des Verkehrs einer Linie ausgesetzt wird, weil man dieser Arbeit eine verhältnissmässig geringe Wichtigkeit beilegt.

Es ist indessen nothwendig zu bemerken, dass diese Methode, welche ohne Folgen sein kann, sobald es sich um gewöhnliche Erdarbeiten handelt, für thonhaltige Aufträge grosse Uebelstände herbeiführen kann. Stellen wir uns in der That vor, dass man gegenwärtig einen Auftrag von Thonerde vervollständige, welcher seit sechs Monaten oder seit einem Jahre aufgeführt ist; es wird sich diese Erde bedeutend gesenkt und bereits einen gewissen Grad der Dichtigkeit erreicht haben, d. h. mit Ausnahme desjenigen Theils, welcher den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt war; dieser wird sich mehr enthäufen als die übrigen Theile, weil er bald befeuchtet, bald ausgetrocknet wird; mit einem Worte, die an der Oberfläche der Böschungen der thonhaltenden Aufträge liegende Erde wird auf eine Dicke von 0^m10 bis 0^m30 Veränderungen erleiden, wodurch sie von der darunter liegenden Erde beinahe ganz unabhängig gemacht wird.

Nehmen wir nun an, dass es sich um die Vervollständigung eines Auftrages aus Thonerde handelt, wie er in Fig. 52 dargestellt ist. Da die Erde des prismatischen Theils *P* (Figur 53) niemals in innige Verbindung mit der ursprünglichen und hauptsächlichen Masse treten kann, von der sie durch die enthäufte Masse *a b* getrennt ist, welche nach aussen trocken und feuchter nächst der Fläche *c d* ist, so wird der einmal vervollständigte Auftrag nach derselben Fläche *c d* (Fig 52—53), welche den Abhang bildet, bald einstürzen.

97. **Senkungen.** — Die Senkungen sind manchmal eine Ursache des Einsturzes, wenn sie nicht auf eine gleichmässige Art vor sich gehen; sie geben Veranlassung zur Entstehung von Rissen, welche die Trennung der Massen, woraus die Aufträge bestehen, zur Folge haben.

Die Senkung erzeugt Risse, wenn die erstere ungleich ist, wegen der Differenz in der Natur der Erde, und wenn sie sich nach und nach an den theilweisen Massen erzeugt hat, die in verschiedenen Epochen aufgefüllt worden sind. Das in einen Theil

des Dammes durch den Ballast durchsickernde, so wie das auf der Krone stagnirende Wasser kann ebenfalls ungleiche Setzungen veranlassen, und nothwendiger Weise ist es derselbe Fall, wenn ein starkes Gefälle des Bodens die senkrechte Höhe der verschiedenen Theile eines Dammes sehr verschiedenartig gestaltet (Fig. 54). Die Trennung der Massen, eine Folge der durch die ungleichen oder nach und nach entstehenden Risse, unterscheidet sich in der Regel um so mehr, als sich diese Spalten sehr leicht mit Ballast oder andern durchdringlichen Massen ausfüllen, die auf der Krone der Eisenbahnen aufgeschüttet sind.

98 *e*. Das innere Wasser eines Dammes entsteht hauptsächlich durch die Ablagerungen von Eis, Regen, Schnee und Reif.

99. Schnee und Eis. — Man besitzt häufig die Unvorsichtigkeit, die in den Einschnitten sich angesammelten Schneemassen und das in den Gräben und Höhlungen sich bildende Eis dammartig aufzuhäufen; die durch den Druck der Erde unterstützte Wärme veranlasst das Schmelzen des Eises und des Schnees nach Verlauf einer gewissen Zeit; die daraus entstehende Wassermasse erweicht das von ihr berührte Terrain, bevor es einen Ausweg an der Böschungsfläche gefunden hat; die flüssige Erde, die nur eine sehr geringe Kohäsionskraft besitzt, strebt nothwendiger Weise danach der eingegangenen Wirkung der Schwere nachzugeben.

100. Regenwasser. Das Regenwasser dringt in die Erde wegen der leichten Durchdringlichkeit der letztern und folgt natürlicher Weise der Richtung der durchdringlichsten Schichten und der in den Aufträgen bestehenden Spalten; sein Eindringen in die Erde wird gewöhnlich durch die Ungleichheit der Flächen an dem oberen Theile und hauptsächlich durch den Ballast begünstigt.

Der Ballast absorbirt beim Regen oder Thauwetter eine ungeheure Menge Wassers, und nur einen geringen Theil lässt er durch Verdünstung entweichen, so dass das ganze Wasservolum, das auf eine Dammkrone fällt, nachdem es von dem Ballast absorbirt worden, in das Innere eindringen kann, wenn dasselbe gehörig durchdringlich ist. Handelt es sich um einen Auftrag aus Thonerde, so empfiehlt man gewöhnlich das Mittel, die Krone mit solchen Quergefällen anzulegen, welche dem Wasser des Ballastes einen leichten Abfluss gegen die Böschungsfläche gestatten. In der Regel aber wird diese Krone schlecht regulirt und es können sich ausserdem Risse bilden, deren Ursprung wir erklärt haben, so dass der grösste Theil des Wassers von dem Ballast manchmal in die aufgefüllte Masse dringt und folglich bedeutende Einstürze veranlasst, besonders wenn sie von einer oder der andern der bezeichneten Ursachen begünstigt werden.

101. Aufträge in den der Ueberschwemmung ausgesetzten Thälern. — Wenn in überschwemmbaren Thälern Aufträge ausgeführt werden, so ist es sehr wichtig, sie gegen zwei Ursachen des Einsturzes zu verwahren, nämlich gegen das Erweichen des Terrains, das mit dem Wasser in Berührung kommt, und gegen die Wirkung der Wellen; die eine oder die andere dieser Ursachen kann zur Zerstörung der Böschungen führen, indessen sind ihre Wirkungen bedeutend erfolgreicher, wenn sie zu gleicher Zeit auftreten.

Die Wirkung der Fluthen allein kann im Allgemeinen nur unbedeutende Beschädigungen erzeugen, d. h. wenn sie nicht begünstigt wird durch die schlechte Beschaffenheit der Erde, woraus der Auftrag hergestellt ist, und durch eine starke Neigung der Böschung. Der Stoss, den sie auf die Erde ausüben können, hat die Folge, dass sie auf eine gewisse Stärke enthäuft und aufgelöst und mit weggeschwemmt wird; daraus entsteht eine horizontale Furche auf der Böschungsfläche in der Höhe des Wasserstandes. Wenn die Erde geringen Zusammenhang hat, oder wenn sie sich bei der Berührung mit Wasser leicht erweicht, ausserdem aber die Böschungsneigung sehr stark ist, so wird diese Furche bald sehr tief und zerstört das Gleichgewicht der sich darüber befindenden Erdmassen (Fig. 55).

Wenn die Böschungen eines Auftrages auf eine gewisse Höhe unter Wasser gesetzt sind, so wird das Terrain um so schneller getränkt als es durchdringlicher und der Druck, den es bewirkt, bedeutender ist. Wenn die Erde die Eigenschaft hat bei der Berührung mit Wasser flüssig zu werden, so verliert sie ihre Kohäsionskraft und würde bald zusammenstürzen, wenn sie nicht von dem Seitendruck der sie bedeckenden Wassermassen gestützt würde. Wenn aber die Höhe des Wassers abnimmt, so folgen, so zu sagen, die auf solche Art erweichten Erden nur noch der Wirkung

der Schwere, fallen bald zu dem Fuss der Böschung hinab und bringen Höhlungen hervor, die denen beinahe ähnlich sind, welche durch den Einsturz von Böschungen in thonartigen Einschnitten entstehen.

Wenn zu den Wirkungen der Wogen die Erweichung der Erde hinzutritt, so müssen diese beiden Ursachen bei weitem bedeutendere Resultate hervorbringen, denn die Wirkungen der einen begünstigen die Wirkung der andern und umgekehrt; z. B. die von den Wellen berührten Erden werden um so leichter losgerissen als sie auf eine grössere Tiefe erweicht sind, und während die Bewegung des Wassers die Flüssigkeit der Erde vermehrt, beschleunigt sie offenbar das Rutschen der erweichten Erde durch die Berührung des Wassers.

102. Atmosphärische Einflüsse. — Die Elemente bringen auf die Terrains nur diejenigen Wirkungen hervor, welche wir bei den natürlichen Terrains angegeben haben; wir haben die Wirkungen des Regenwassers oder des Thauwassers, das von dem Ballast absorbirt wird, kennen gelernt; es trägt am meisten zur Entstehung des Einsturzes der Massen bei. Die abwechselnde Trockenheit und Feuchtigkeit bringen auf die Oberfläche der Böschungen keine merkbaren Wirkungen hervor, selbst dann nicht, wenn es sich um thonartiges Erdreich handelt; die Einstürze an der Oberfläche kommen nur sehr selten vor oder sie sind von geringer Bedeutung. Eine Ausnahme davon machen indessen die Aufträge, welche bloss aus Lehm bestehen, der nicht mit solchen Erdarten gemischt ist, welche die Kohäsion und den Reibungswiderstand desselben erhöhen. Anhaltende Regengüsse und Frost machen auf solchen Dämmen die erwähnten Wirkungen und erzeugen Einstürze an der Oberfläche, die denen ähnlich sind, welche an den Böschungen der Einschnitte vorkommen.

IV. Abschnitt. Art des Entstehens der Einstürze.

103. Je nachdem die Einstürze eine geringe Stärke haben und so zu sagen nur als einfache Beschädigungen der Böschungen betrachtet werden können oder aber eine gewisse Tiefe erreichen, die oft mehr als 1^m50 beträgt, gibt es zwei Arten, die man „Einstürze an der Oberfläche und Masseneinstürze“ nennen kann; auch nennt man die letztern „Grundabrutschungen.“

Wenn man die vielerlei Ursachen betrachtet, welche das Gleichgewicht der Erdmassen sowohl im Abtrage als im Auftrage zu vernichten streben, so ist es begreiflich, dass nicht alle Einstürze auf gleiche Weise entstehen können und dass sie unter sich in Form und Beschaffenheit, je nach dem Terrain, der Höhe und der Neigung der Böschungen, nach der Menge des innern Wassers und nach eigenthümlichen Verhältnissen, von denen schon die Rede war, verschieden sein müssen.

Wir haben es für nothwendig erachtet die Einstürze in zwei Arten zu unterscheiden, obgleich es in der Wirklichkeit sehr schwierig ist auf eine bestimmte Art den eigenthümlichen Charakter der einen oder der andern Art zu bestimmen. Diese durch den Gebrauch bestätigte Unterscheidung scheint uns übrigens durch die Differenz gerechtfertigt zu werden, welche im Allgemeinen in der Form und Stärke der Einstürze und der Ursachen besteht, wodurch sie entstehen.

Einstürze an der Oberfläche.

104. Die Hauptursache der Einstürze dieser Art besteht in der Désagrégation des Erdreichs, die durch den atmosphärischen Einfluss erzeugt wird.

Wenn in Folge eines durch abwechselnde Trockenheit und Feuchtigkeit entstehenden Schwindens oder einer Aufblähung das Erdreich an der Oberfläche der Böschungen désagrégirt ist, so entsteht dadurch eine beinahe gänzliche Auflösung der Kohäsionskraft; der beträchtlich verminderte Reibungswiderstand wird dann ungenügend, um der Wirkung der Schwere Widerstand leisten zu können.

Nehmen wir nun an, dass das an der Oberfläche einer Böschung AB (Fig. 56) liegende Terrain gegen die atmosphärischen Einflüsse nicht gesichert sei. Die Schicht $ABCD$ wird durch die entgegengesetzten Bewegungen, Aufquellen und Schwinden, die durch die Berührung mit der Luft entstehen, beweglich werden, und sobald die Wirkung der Schwere grösser wird als die Resultante der Kohäsion und der Reibung, so wird das désagrégirte Erdreich eine neue Böschung $A'\ BC'$ (Fig. 70) annehmen. Aehnliche Wirkungen werden sich an dem Theile AA' (Fig. 70) so lange

wiederholen, bis sich die Neigung der ursprünglichen Böschung AB durch den Einfluss der Schwere in die Böschung $A''C'B''$ (Fig. 70) oder $A'CB'$ (Fig 57) verwandelt hat, welche den Gleichgewichtsbedingungen der enthäuften Erdmassen entspricht, oder mit andern Worten, bis das Erdreich seine natürliche Böschung erlangt hat. Die Folgen der Schwere allein können ein solches Resultat nur in sehr seltenen Fällen hervorbringen; die entgegengesetzten Wirkungen der Trockenheit und der Feuchtigkeit der Luft sind nicht hinreichend, um eine solche Auflockerung herbeizuführen, dass alle Moleküle des désagrégirten Erdreichs von einander so unabhängig sind, um nicht dem Einfluss der Schwere nachzugeben. Obgleich zerrissen und nach allen Richtungen zertheilt, behalten die Thonerden immer eine sehr bedeutende Kohäsionskraft, die von der Art ist, dass sie sich oft mit steilern Böschungen erhalten können als diejenigen sind, welche man gewöhnlich für Einschnitte annimmt; der Sand allein kann sich auf eine ganz vollständige Art an der Luft enthäufen (désagréger), und dennoch kann man viele Beispiele anführen, welche den Beweis liefern, dass er sich unter gewissen Verhältnissen in sehr steiler Richtung, manchmal selbst senkrecht, erhalten kann.

105. Die Wirkung des Regens ist eine der gewaltigsten Ursachen der an der Oberfläche vorkommenden Beschädigungen. Wenn die an der Oberfläche der Böschungen zersetzten Erdarten eine zu grosse Quantität Wasser enthalten, so vermehrt sich ihr Gewicht zu gleicher Zeit, als sich ihre Kohäsion und der Reihungswiderstand vermindern. Ohne von der Bewegung zu reden, die es den zersetzten Erdarten mittheilt, bringt das Regenwasser alsdann zwei verschiedene Wirkungen hervor, welche die Folgen der Schwere in hohem Grade begünstigen.

106. Die Form der Einstürze an der Oberfläche ist gewöhnlich sehr unregelmässig, wenn das Erdreich nicht nach der ganzen Höhe einer Böschung einstürzt. Es ist offenbar, dass die Beschädigungen immer eine Tiefe annehmen, welche sich nach der Leichtigkeit richtet, mit der sich das Erdreich an der Luft zersetzt, so wie nach dem Grade der Dichtigkeit, den die aufgelockerte Erde beibehält, wenn sie mit Wasser getränkt ist.

107. Das in der Oberfläche der Böschung eines Abtrages sich zersetzte Erdreich kann auch durch die Bewegung verschoben werden, welche durch das Fahren der Züge und selbst durch die Winde entsteht. Im ersten Falle haben die Beschädigungen an der Oberfläche gewöhnlich nur eine geringe Bedeutung und es werden dadurch nur wenige Kosten für die Reinigung der Eisenbahngräben verursacht.

Wenn die Einschnitte in Erdreich gemacht worden sind, die aus einem sehr feinen Sande bestehen, so kann die zersetzte Erde an der Oberfläche der Böschungen vom Winde nicht bloss als Staub fortgeführt werden, sondern es können solche Beschädigungen manchmal zu einem grossen Uebelstande werden, weil dieser Staub die Reisenden belästigt und hauptsächlich, weil derselbe eine so tief eingreifende Ursache der Zerstörung des Betriebsmaterials wird.

108. Die Wirkungen des Frostes sind ähnliche, jedoch in einem höheren Grade als diejenigen sind, welche durch die abwechselnde Trockenheit und Feuchtigkeit des Regenwassers entstehen. Der Frost bewirkt die Zersetzung des Erdreichs; die Erweichung durch das Thauwetter ist beinahe immer hinreichend, um den Einsturz der ganzen Schicht zu bewirken, welche vom Frost ergriffen wurde; im Allgemeinen aber folgen auf das Thauwetter reichliche Regengüsse, welche die Bildung der Einstürze befördern und sie umfangreicher machen.

Der Einfluss des Frostes richtet sich nach der Beschaffenheit der Erde und ihrer Zersetzung; er ist minder bedeutend beim Sande als beim Thon, beim Lehm und bei Erdreichen von irgend welcher Struktur; auch die Lage der Böschungen gegen die Himmelsgegenden übt auf die Stärke des Frostes einen starken Einfluss aus; die gegen Mittag gelegenen nehmen bei Tage eine grössere Sonnenwärme auf als die andern, und sind vor den Nordwinden geschützt, aus welchem Grunde sich der Frost daselbst immer weniger äussert; auch lässt es sich hieraus erklären, warum von zwei Böschungen ein und desselben Einschnittes die mehr nach Norden gelegene manchmal am Ende des Winters auf eine breite Oberfläche einstürzen kann, während die nach Mittag gewendete keinerlei Beschädigung erleidet.

Einstürze in Massen.

109. Die Einstürze in Massen können aus zwei Hauptursachen entstehen; sie werden aus der Ver-

bindung einzelner Massen gebildet, welche unter dem Einfluss derselben Ursachen das Volum der Einstürze vermehren, oder aber sie entstehen plötzlich und nehmen gleich vom Anfange Formen und Dimensionen an, welche gewöhnlich in der Folge nur geringe Veränderungen erleiden.

Es ist leicht begreiflich, dass diese beiden Arten der Bildung der Einstürze von der Beschaffenheit der Ursachen, welche das Gleichgewicht der Massen zu stören suchen, und im Allgemeinen von solchen Umständen abhängen, die der Wirkung der Gravität günstig sind.

110. Wenn ein Einsturz stattgefunden, wenn die ihn herbeigeführte Ursache permanent ist, oder selbst, wenn diese Ursache nur noch einige Zeit nach diesem ersten Einsturze besteht, so wird es sich meistens ereignen, dass sich dieselben Wirkungen unter dem Einfluss derselben Ursachen wiederholen, und dass der definitive Einsturz aus einer mehr oder minder beträchtlichen Anzahl einzelner Massen besteht, welche sich in Bewegung gesetzt haben werden, sobald die ihnen das Gleichgewicht haltenden Kräfte ungenügend sind, um der Wirkung der Schwere Widerstand zu leisten.

Das innere und das an der Oberfläche des Bodens fliessende Wasser veranlassen solche Einstürze, die man manchmal „zusammengesetzte Einstürze" nennt.

111. Wenn sich ein Erdkörper in Folge eines besonderen Umstandes, z. B. einer Abrutschungsschicht, oder aus einer andern Ursache verschiebt, welche sogleich nach der Bildung des Einsturzes aufhört, z. B. eine zu starke Neigung der Böschung, stagnirendes Wasser an der Oberfläche des Bodens u. s. w., so ist es offenbar, dass dieser Einsturz in einer sehr kurzen Zeit seine grösste Ausdehnung erreicht, und dass daran später nur geringe Veränderungen vorkommen können.

112. Inneres Wasser. — Die Einstürze, die durch das aus dem Innern kommende Filtrirwasser veranlasst wurden, sind unstreitig diejenigen, die nach der Eröffnung der Einschnitte am meisten vorkommen. Ihre Bedeutung richtet sich begreiflich nach der Menge des Wassers und der Beschaffenheit des Terrains, und besonders veranlassen die innern Gewässer in thonhaltigen Erdeinschnitten nach starken Regengüssen oder Schneeschmelzungen meistentheils die grössten Einstürze.

113. Natürliche Durchsickerungen. — Die Wirkung des durch natürliche Durchsickerungen hervorgehenden Wassers findet anfänglich bei dem durchdringlichen Erdreich oder auf die thonhaltende Schicht unter der Durchsickerung statt. Nehmen wir an, dass eine nicht befestigte Böschung (Fig. 58) eine Durchsickerungsschicht S enthalte; es wird dann die Bewegung des Wassers, die durch atmosphärische Einflüsse unterstützt wird, ausreichen, um das kleine Prisma P an der unteren Grenze der Thonschicht und der Böschungsfläche abzulösen; indem der nächst gelegene Theil dieses eingestürzten Erdreichs dieselben Wirkungen erleidet, muss es sich nothwendiger Weise auf dieselbe Art verhalten, und zwar umso leichter, als die beinahe senkrecht stattfindende Bruchfläche offenbar die Wirkung der Schwere begünstigt. Der Einsturz vergrössert sich also allmählig nach Massgabe als ein Theil des Erdreichs, der in einer grössern oder mindern Höhe senkrecht steht, durch die Bewegung oder durch die verdünnende Wirkung des Wassers an der Basis unterspült wird und sich folglich nicht mehr in gehörigen Gleichgewichtsbedingungen befindet, so dass er in einer gewissen Zeit die in Fig. 59 angegebene Form annehmen kann.

Beinahe auf dieselbe Weise bilden sich die Einstürze in den sandigen Terrains durch vieles Sickerwasser, was in andern Fällen seltener ist; gleichwohl haben sich an der rechten Seite des Einschnittes von Briol (Mühlhausener Linie) auf solche Weise einige Einstürze erzeugt, wo das Terrain aus sandigem Boden besteht. In sehr kurzer Zeit bereitete das Wasser einer schwachen Durchsickerungsschicht, die beiläufig in der Mitte der Höhe der Böschungen liegt, ziemlich tiefe Aushöhlungen, welche durch die Verkleidung mit gestampfter Erde nicht ganz beseitigt werden konnten.

In Thonerdeinschnitten werden die Einstürze meistentheils auf folgende Weise entstehen. Die Thonschicht G (Fig. 60) nimmt an der Oberfläche AB in Folge der Einflüsse von Trockenheit und Feuchtigkeit einen gewissen Grad der Durchdringlichkeit an, und es kann folglich ein Theil des Sickerwassers S in die gelockerte Thonschicht eindringen, welche dann sogleich flüssig wird und zum Theil in den Einschnitt hinabrutscht. Die Erweichung beginnt natürlicher

Weise in dem der Durchsickerungsschicht zunächst gelegenen Theile; ein Theil S (Fig. 60) hinlänglich durchnässter Thonerde setzt sich in Bewegung, und das Prisma P der durchdringlichen Erde, dem es an Unterstützung mangelt, stürzt nach. Indem sich dann die kleine Masse M (Fig. 61) dem Durchfluss des Sickerwassers widersetzt, drängt sie dasselbe in die Thonschicht, welche sie auf eine gewisse Dicke erweicht, welche Erweichung übrigens durch die Bewegung der schon erschütterten Masse begünstigt wird, welche ein gewisser Kohäsionsgrad mit grösserer oder geringerer Kraft an das natürliche Terrain bindet. Die Erweichung der Thonschicht geht daher allmählig vor sich (Fig. 62); unter dem Einfluss der Schwere verschiebt sich die erweichte Erde, und nach Massgabe als sich die obern Schichten nicht mehr in den gehörigen Gleichgewichtsbedingungen befinden, rutschen sie gegen den Einschnitt hinab.

114. **Durchsickerungen durch Wurzeln.** — Das Wasser einer Durchsickerung, das durch die Wurzeln der Pflanzen veranlasst wird, verursacht Einstürze, deren Form im Allgemeinen von denen abweicht, die in den vorstehenden Artikeln berührt werden.

Wenn sich in geringer Entfernung von der Oberfläche des Bodens eine Thonschicht befindet, auf der sich das Sickerwasser hinzieht (Fig. 63), so wird sich die thonhaltende Oberfläche der Böschung, die durch die Luftwirkung locker gemacht wird, allmählig und nach Massgabe als sich die Stärke des zersetzten Erdreichs durch die atmosphärischen Einflüsse vergrössert und das Sickerungswasser S die Erweichung der lockeren Thonerde bewirkt, verschlechtern.

Da die durchdringliche Schicht P mit vieler Kraft von den Wurzeln festgehalten wird, so müsste also das in Fig. 63 dargestellte Profil die in Fig. 64 gezeichnete Form annehmen und die überhängende Erde wird nicht eher herabstürzen, als bis ihr Volum so bedeutend ist, dass dessen Gewicht diese Widerstandsfähigkeit überwindet.

Wenn der unter der Durchsickerung liegende Theil einer Böschung aus Erdschichten verschiedener Art besteht, so ist die Form der Einstürze meistens unregelmässig; ihre verschiedene Stärke richtet sich nach der Leichtigkeit, mit der sich das Erdreich durch die Berührung der Luft zersetzt, und nach dem Grade der Flüssigkeit, die es annimmt, wenn sie mit dem Wasser in Berührung kommt.

115. **Thauwasser.** — Ausser den Einstürzen an der Oberfläche, welche durch die abwechselnde Wirkung des Frostes und des Thaues hervorgebracht werden, veranlasst der Frost eine andere Art von Einstürzen, indem er eine Durchsickerungsschicht an dem obern Theile der Böschungen bildet.

Die Durchsickerungen dieser Art finden nur zur Zeit des Thauwetters statt und entstehen durch den Abfluss des Wassers des von dem Schmelzen des zwischen den Molekülen der gefrorenen Erdschicht enthaltenen Eises, so wie von dem Schmelzen des Schnees, und oft auch von einem Theil des Regenwassers, welches gewöhnlich das Thauwetter begleitet (§. 77).

Um die Formation und die Wirkungen dieser neuen Durchsickerungsweise zu erklären, denken wir uns (Fig. 40), dass sich während des Winters an der äussern Oberfläche eines Erdreichs, in dem ein Einschnitt eröffnet wurde, eine gefrorne Erdschicht gebildet hat. Die Stärke derselben ist sehr verschieden und hängt natürlich von der Stärke des Frostes, von der Beschaffenheit und dem Feuchtigkeitsgrade des Bodens ab; gewöhnlich beträgt sie 0^m30 bis 0^m40.

Wenn das Thauwetter beginnt, so macht sich der Einfluss der Wärme zuvörderst an der der Luft ausgesetzten Oberfläche bemerkbar, und die Dicke des Frostes vermindert sich stets bis zur Grenze $ABCD$.

Es wird also ein Moment eintreten, wo sich der Zustand des in Fig. 40 dargestellten natürlichen Erdreichs verändert, wie z. B. in Fig. 65 angegeben ist. Da die gefrorene Erdschicht natürlicherweise undurchdringlich ist, so fliesst alles Wasser, das in dem Raume $CDGH$ (Fig. 41) enthalten ist, nach HD an der Oberfläche der Böschung zwischen den Punkten I und s aus und nimmt bei seiner Bewegung die zersetzten und erweichten Erdtheile der Oberfläche der Böschungen FG mit fort (Fig. 40).

Nach dieser einfachen Auseinandersetzung kann man sich die Veränderung erklären, welche die Form der Böschungen eines Einschnittes zur Zeit des Thauwetters erleiden kann, selbst dann, wenn das Erdreich keine wasserführenden Schichten enthält.

Die Tiefe der auf solche Weise entstehenden Einstürze hängt von der Menge des Wassers und von der

Beschaffenheit des Erdreichs ab; die gewöhnlichste Form der eingestürzten Böschung wird die in Fig. 65 dargestellte sein, denn meistentheils tragen, in dem uns beschäftigenden Falle besonders, mehrere Ursachen zur Bildung der Einstürze bei; dahin gehören z. B. ausser der Bewegung des Wassers, worüber wir oben gesprochen, die Aufblähung und die Erweichung der Erde an der Oberfläche der Böschungen in Folge des Frostes, die häufigen Regengüsse, welche gewöhnlich beim Thauwetter fallen, und wenn dieser Umstand eintritt die gewöhnlichen Wirkungen der natürlichen Durchsickerungen.

116. Indem Herr v. Sazilly behauptet, dass in Folge des Thauwetters die Einstürze zum grössten Theile in den Thoneinschnitten entstehen, führt er noch eine Bemerkung an, die wir näher betrachten müssen. In dem 2. Kapitel seiner Abhandlung stellt er die Behauptung auf, die er übrigens nur als eine Wahrscheinlichkeit angibt, dass während des Winters die Ausflüsse *s* und *s'* (Fig. 40) des innern Sickerungswassers, das durch die Schichten *B* und *B'* fliesst, verstopft werden kann, und dass sich folglich das Wasser in den wasserhaltenden Schichten anhäuft und die Thonschichten befeuchtet, wenn sie in Berührung damit stehen; die auf diese Weise durchnässten Massen stürzen beim Thauwetter in Folge der Erweichung der Oberflächen *a b* und *a' b'* ein.

Ohne Zweifel wird man nicht behaupten wollen, dass der Frost den Abfluss des innern Wassers nicht verhindere, jedoch können wir auf der andern Seite die Meinung Sazilly's nicht theilen. Entweder sind die Durchsickerungen sehr reichlich, oder aber der Ausfluss des Wassers ist im Verhältniss der wasserhaltigen Schicht sehr gering. In dem ersten Falle hat das Wasser eine sehr schnelle Bewegung, um dem Frost Widerstand zu leisten, um seinen gewöhnlichen Lauf beizubehalten oder sich einen neuen zu bahnen; es dehnt sich nach seinem Ausfluss auf der Oberfläche der Böschung aus, oder es bildet mehr oder minder bedeutende Eisanhäufungen. Im entgegengesetzten Falle kann das Wasser, wenn es nur in geringem Masse vorhanden, während des Frostes kein so bedeutendes Volum bilden, um auf die Beschaffenheit der Thonschichten kräftig zu wirken, und übrigens trifft man eine Durchsickerung, die im Verhältniss zu der senkrechten Fläche der durchdringlichen Schicht steht, gewöhnlich nur, wenn diese durchdringliche Schicht aus einem sandhaltigen Boden besteht; es vermindert also die Kapillarkraft, welche dann auf eine kräftigere Weise in einer umgekehrten Richtung der Aeusserung der Schwere wirkt, gleichzeitig den Druck, den die Flüssigkeit auf die Thonschicht ausübt.

Wir glauben daher nicht, dass es richtig ist, wenn man auf die Anhäufung des innern Wassers nächst der Oberfläche der Böschungen einen zu grossen Werth legt; zur Zeit des Thauwetters erzeugen sich freilich die Einstürze zum grössten Theil und nehmen im Allgemeinen bedeutendere Verhältnisse an; wir sind aber der Ansicht, dass man sie nur gewöhnlichen Ursachen beimessen kann, wie die sind, welche wir schon angegeben haben.

117. Laufendes Wasser. — Wenn der obere Theil eines von einem Einschnitt durchschnittenen Terrains etwas tiefe Senkungen hat, so vereinigen sich die Regenwasser, indem sie den stärksten Gefällen folgen, an den tiefsten Punkten, um zum Boden der Einschnitte zu strömen und auf der Böschungsfläche in geringerer Breite hinabzufallen.

Das Volum des Wassers hängt natürlicher Weise von der Oberfläche der Schlucht und seine Bewegung von der Neigung der Abflusslinie, so wie von der Länge der Schlucht über den Einschnitten ab.

Indem das Regenwasser über die Oberfläche einer Böschung fliesst, nimmt es zuvörderst die durch den atmosphärischen Einfluss zersetzte Erde mit, dringt dann sehr tief in die die Massen theilenden Spalten ein und durchnässt auf diese Weise sehr schnell das Erdreich bis zu einer gewissen Tiefe.

Da der Zustand einer Böschung beiläufig dem in Fig. 66 dargestellten ähnlich ist, so werden die Massen *a* und *b* unter dem Einfluss der Schwere, der manchmal durch die Bewegung des Wassers vermehrt wird, bald zusammenstürzen. Der Druck, den das in die Erde eingedrungene Wasser (Fig. 67) hervorbringen kann, ist im Allgemeinen zu schwach, um darauf Rücksicht zu nehmen; das Vorhandensein dieser Flüssigkeit aber in den senkrechten Rissen muss die Folge haben, dass durch die Erweichung der Erde eine vollständigere Trennung zwischen diesen Massen *ab* und *cd* entsteht.

Die Bruchfläche *ABC* (Fig. 67) wird meistentheils bestimmt durch die Richtung der natürlichen

Risse oder Spalten, welche die Trockenheit hervorbringt; im Allgemeinen ist sie senkrecht. Die Böschung AB (Fig. 66) wird sich also durch das strömende Wasser bald verändern, und in Folge der ersten Einstürze wird der senkrechte Theil AB der neuen Böschung ABC (Fig 67) eine neue günstige Ursache zur Entstehung neuer Einstürze werden.

Wenn viel Wasser vorhanden ist, so nimmt das Volum der Einstürze manchmal in sehr kurzer Zeit bedeutende Verhältnisse an; an dem Einschnitt Motte-Beuvron (Centrallinie) beobachteten wir selbst eines Tages bei einem starken Gewitterregen das Entstehen eines Einsturzes dieser Art Indem das Wasser von dem obern Abhang auf der linken Böschung dieses Einschnittes hinabfloss, veranlasste es einen Einsturz, der aus einzelnen Massen von 50 bis 60 Kubikmetern bestand und nach Verlauf von zwölf Stunden ein Gesammtvolum von 2500 Kubikmetern erreichte.

Was von einer beträchtlichen Senkung des Bodens gesagt wurde, muss sich auch auf alle Fälle, wo irgend eine Beschaffenheit des Terrains den Abfluss des Regenwassers über die Böschungen eines Einschnittes bestimmt, anwenden lassen; die Furchen, welche die Grenzen der Grundstücke z. B. bilden, können ebenfalls, jedoch in geringeren Verhältnissen, ähnliche Wirkungen wie die angeführten veranlassen.

118. Stehendes Wasser. — Nehmen wir (Fig. 68) an, dass das Terrain an den Zugängen eines Einschnittes eine solche Senkung habe, dass der Raum AB eine Art von Reservoir bilde, von welchem das Regenwasser keinen unmittelbaren Abfluss nach der Oberfläche des Bodens hat. Nach einer gewissen Zeit verschwindet dieses Wasser und zwar ein Theil durch Verdunstung und der andere durch Einsikkerung in die durchdringliche Schicht CD. Die Verdunstung kann verhältnissmässig nur einen geringen Theil dieser Wasserlacke wegnehmen, weil sie im Durchschnitt nur einen Kubikdecimeter pro Quadratmeter täglich, also eine Schicht von 0^m001 Stärke binnen 24 Stunden der ganzen mit der Luft in Berührung stehenden Oberfläche aufsaugt. Der grösste Theil des sich in dem Raume ABC angesammelten Wassers dringt also beständig oder in einer längern oder kürzern Zeit, jedoch in unaufhörlicher Weise durch die Schicht CD bis zur undurchdringlichen Schicht DI ein. Dadurch entsteht anfänglich eine stärkere Einsickerung E; es ist aber vor allem die unmittelbare Wirkung des Sickerwassers, das ohne Unterbrechung in einem beinahe begrenzten Raume von F nach G, der beinahe der Oberfläche AB gleich ist, zu befürchten. Es ist in der That offenbar, dass die zwischen F und G beständig durchnässte Erde nach und nach ihre Kohäsionskraft verlieren muss; da übrigens die Fläche ED beständig befenchtet ist und der Abfluss des Sickerwassers nach der Eröffnung des Einschnittes auf dieser Fläche schneller bewirkt wird, so ist es begreiflich, dass die Kohäsions- und die Reibungskräfte sich in einem gewissen Moment nach der Linie EDC bedeutend vermindern und ungenügend werden können, um der Wirkung der Schwere Widerstand zu leisten. Unter diesen Umständen lässt sich also leicht der Bruch der Masse $EDCH$ nach irgend einer Linie voraussehen, welche sich den Linien CD und ED nähern muss. Da die Ursache in dem Moment des Entstehens des Einsturzes verschwindet und das Abrutschen der Masse $EDCH$ stattgefunden wie wir gesagt haben, so ist es augenscheinlich, dass sich dieser Einsturz nur unbedeutend vergrössern musste und zwar bloss bis soweit, dass das Terrain nächst der Bruchlinie eine hinreichende Neigung DM (Fig. 69) angenommen hat.

Wenn die Wirkung des Wassers, wie es häufig vorkommt, durch Risse oder frühere Abrutschungsflächen, die sich zwischen FG (Fig. 68) befinden, und wenn ausserdem diese Risse oder Abrutschungsflächen bis zu einer grossen Tiefe hinabreichen, so wird der Bruch der Masse eher stattfinden, und die eingestürzte Erdmasse könnte nicht bloss die obere Schicht CD, sondern auch alle Erdschichten verschiedener Art von der Oberfläche des Bodens bis zum Niveau des Bahnplanums umfassen. So entstand in dem Einschnitt von Briel (Mühlhausener Linie) im Januar 1857 ein Einsturz dieser Art (Fig. 73—75), von dem wir in der Folge mehr als einmal zu reden Gelegenheit haben werden. Die eingestürzte Masse bestand aus mehreren übereinander liegenden Schichten von Sand und sandigem Thon und setzte sich auf einer Abrutschungsfläche in Bewegung, die sich im Durchschnitt 1^m30 über dem Bahnplanum befand.

119. Neigung der Böschungen. — Eine zu steile Böschung in einem Abtrage wird nach einiger Zeit seine natürliche Böschung annehmen, und zwar entwe-

der in Folge von Einstürzen an der Oberfläche (Fig. 70) oder in Folge des Bruches von dem ganzen Prisma *DBG* (Fig. 71) nach einer im Allgemeinen unregelmässigen Linie *DG*, die sich mehr oder minder einer radlinigen Kurve nähert. Es ereignet sich häufig, dass der definitive Bruch nach *DG* des Erdkörpers *DBG* nicht unmittelbar entsteht, und dass vor Erreichung dieser Grenze mehrere theilweise Abrutschungen zwischen *DE* und *BG* (Fig. 71) vorkommen.

Wenn man erwägt, dass die Terrains verschiedener Art sich lange Zeit, manchmal ganze Monate hindurch, mit einer sehr steilen und selbst senkrechten Böschung erhalten, so wird man auf den Schluss geführt, dass die Schwere, deren Wirkung nothwendiger Weise mächtiger ist als beinahe in allen andern Fällen, dennoch unfähig sein würde, den Bruch der Massen herbeizuführen, wenn die Kräfte, die ihr das Gleichgewicht halten, nicht durch diese oder jene Ursachen vermindert würden. Man ist daher gezwungen anzunehmen, dass die Kohäsion und die Reibung hier eine Rolle erster Klasse spielen. Ihre Verminderung findet im Allgemeinen durch eine zu grosse Feuchtigkeit oder zu grosse Trockenheit, und meistens durch die Wirkungen dieser beiden nacheinander folgenden Ursachen statt. Die Trockenheit erzeugt tiefe und manchmal sehr breite Risse an der Oberfläche des Bodens, welche eine Art von Einschnitten bilden, die im Stande sind Erdkörper von einer gewissen Grösse zu trennen. Wenn nun das Regenwasser reichlich in diese Risse dringt, so wird dadurch die Abscheidung dieser Massen vollendet, indem entweder das Erdreich erweicht wird oder indem in die Schichten Erdmassen verschiedener Art eingeführt werden. Wenn man ausserdem erwägt, dass das Wasser beim Eindringen in den Boden das Gewicht des Erdreichs bedeutend vermehrt, so ist es leicht begreiflich, dass die Einstürze der Böschungen eine starke Neigung haben müssen, hauptsächlich nach Regengüssen.

Fährt man nun fort sich immer an Thatsachen zu halten, so darf man wohl annehmen, dass bei einer grossen Anzahl von Fällen die Bruchfläche, wie sie unter dem einzigen Einflusse der Schwere entsteht, durch das Vorhandensein von Rissen oder natürlichen Spalten an der Oberfläche des Bodens, und durch die Richtung der Schichten gegen den Fuss der Böschung verändert werden muss.

120. Abrutschungsflächen. Wenn Erdkörper durch Flächen von früher bestandenen Abrutschungen getrennt werden, so hängen die Entstehungsart und die Epoche der Bildung der Einstürze hauptsächlich von der Beschaffenheit und der Lage der Schichten, so wie von der Art und der Richtung der Abrutschungsflächen ab.

Wenn ein sanfter Abhang (glacis) zwei übereinander liegende Thonerdeschichten scheidet, so erzeugen sich die Einstürze theilweise in Folge von Regengüssen oder Thauwetter, so dass die Zeit, welche nothwendig ist, dass sie ihr definitives Volum erreichen, im voraus nicht bestimmt werden kann. Ein Beispiel dieser Art von Einstürzen finden wir in dem Einschnitt de la Voivre (Mühlhausener Linie). Die Abrutschungsfläche (Fig. 72), welche der Oberfläche des Bodens beinahe gleich ist, hatte nur eine Neigung von 0^{m}12 pro Meter. Der erste Einsturz zeigte sich an der Oberfläche der Böschung im Monat Mai 1856; das Volum der eingestürzten Erde nahm dann allmählig bis zum Monat Juni 1857 zu, in welcher Zeit der Anfang mit den Befestigungsarbeiten gemacht wurde; das eingestürzte Volum hatte damals 60,000 Kubikmeter.

Bei einem weniger geneigten Abhange aber entstand der Einsturz an der linken Seite des schon erwähnten Einschnittes von Briel in dem Zeitraum von nur wenigen Stunden; indessen erklärt die eigenthümliche Lage des Terrains diese plötzliche Bewegung. Wie aus Fig. 42 ersichtlich war die Masse *ABCD* von dem anstessenden Terrain durch eine Verdrückung *AB* (Fig. 42) und *abc* (Fig. 73) getrennt, welche von dem Eingang in den Einschnitt parallel mit der Eisenbahn lief, bis zu einem Punkt *b* (Fig. 73), wo sie gegen die Oberfläche der Böschung zurückkehrte und mit der Bahnachse einen Winkel von ungefähr 100° bildete. Diese Masse, welche ausserdem auf einer Abrutschungschicht *BD* (Fig. 42) *MN* (Fig. 74) lag, die eine dünne Schicht von sehr reinem Thon von beiläufig 0^{m}02 Stärke bildete, war genügend, dass eine gewisse Wassermenge, die nach *AB* (Fig. 42) in die Erde eingedrungen war, die Kohäsionskraft vernichtete, die auf diese natürliche Trennungslinie so wirkte, dass sich diese Masse unter dem Einfluss der Schwere plötzlich in Bewegung setzte.

Wenn eine Erdmasse *ABC* (Fig. 76) auf einer sehr geneigten Abrutschungsfläche *AC* liegt, so kann

es sich ereignen, dass sie sich sofort nach Eröffnung des Einschnittes in Bewegung setzt. Meistentheils genügen die Kohäsion und die Reibung, die auf AC ausgeübt werden, um eine gewisse Zeit hindurch der Wirkung der Schwere das Gleichgewicht zu halten; wenn aber aus irgend einer Ursache diese beiden Kräfte hinreichend geschwächt sind, so wird der Einsturz plötzlich nach der Linie AC stattfinden und die ganze Masse ABC umfassen.

Die Einschnitte auf der Linie von Paris nach Mühlhausen zwischen Ronchamp und Champagney liefern zahlreiche Beispiele von früher bestandenen Abrutschungsflächen. Diese Flächen trennen im Allgemeinen übereinander liegende Thonsteinschichten; häufig werden sie auch veranlasst durch Verdrückungen, die in Bezug auf die Eisenbahnachse und auf die Horizontale eine verschiedene Neigung haben. Die Spalten sind mit Thon ausgefüllt, der sehr fettig und sehr glitschig wird, wenn er feucht ist. Der Einschnitt du Chevannel erschien uns in dieser Beziehung sehr bemerkenswerth, wesshalb wir später eine vollständige Beschreibung desselben mittheilen werden.

Aufträge.

121. Geneigte Terrains. Es kommt manchmal vor, dass man gezwungen ist, Dämme auf einen sehr geneigten Boden zu setzen (Fig. 48 und 77). In einem solchen Falle müssen diese Aufträge nothwendiger Weise das Bestreben haben sich zu verschieben, wenn die Stabilität der Masse $ABCD$ nicht durch ausserordentlich günstige Verhältnisse, als da sind gute Beschaffenheit der Erde, woraus man die Dämme aufführt, eine passende Temperatur während des Baues, die Festigkeit des natürlichen Bodens, der von der Stärke und der Beschaffenheit der Erde in der obern Schicht abhängt, bevorzugt wird.

Das Gleichgewicht eines Dammes wie der in Fig. 48 wird nur unterhalten durch die Kohäsion und die Reibung, die sich nach AD bemerkbar machen. Unter gewöhnlichen Verhältnissen gibt es viele Ursachen, welche dahin streben die Wirkung dieser beiden Kräfte zu schwächen; dahin gehören z. B. die geringe Verbindung der Erde unter sich, die Strömung des von dem obern Theil der Höhe nach CD abfallenden und desjenigen Wassers, das in den Auftrag durch Risse eindringt, welche durch ungleiches Setzen entstanden sind. Da auf der andern Seite die Wirkung der Schwere gleich sein kann einem bedeutenden Bruchtheil des absoluten Gewichtes $ABCD$, so ereignet es sich meistens, dass sich diese Masse ganz oder beinahe ganz nach der Linie AD (Fig. 77) verschiebt. Die mehr oder minder vollständige Deformation des Profils hängt natürlicher Weise von der Beschaffenheit der Erde und hauptsächlich von ihrem Kohäsionsgrade ab.

122. Von der Beschaffenheit des Bodens abhängende Einstürze. — Einer sehr verbreiteten Meinung zufolge hängen die meisten Einstürze der Dämme von der Beschaffenheit des Terrains ab, worauf sie liegen; wir werden aber später Gelegenheit haben zu bemerken, wie viel Uebertreibung in dieser Behauptung enthalten ist. So haben, wie wir bereits bemerkten, die Einstürze von Dämmen, die durch die Beschaffenheit des Terrains entstehen, worauf sie errichtet sind, in zwei verschiedenen Fällen statt: entweder ist das Terrain horizontal und alsdann ist die obere Schicht des Bodens pressbar, oder aber das Terrain ist sehr geneigt und folglich ist der Unterboden thonartig, oder es bestehen in einer gewissen Tiefe früher entstandene Abrutschungsflächen.

Der erste Fall kommt ziemlich häufig vor, wenn man gezwungen ist Thäler zu durchschneiden, deren Sohle aus torfartigem oder aus leichtem und pressbaren Alluvionsterrain gebildet ist, und wenn gleichzeitig ein Mangel an Gefälle den schnellen Abfluss des innern Wassers über die erste undurchdringliche Schicht verhindert. Die Folge von solchen Verhältnissen ist leicht zu begreifen. Durch den Druck von dem Gewichte des Auftrages verschieht sich das natürliche Terrain und entweicht auf jeder Seite (Fig. 78) nach Massgabe als der Fuss des Dammes tiefer unter das mittlere Niveau der Oberfläche des Bodens eindringt. Der Damm wird also im Verhältniss, als man sein Volum vergrössert, sinken und wird erst in dem Moment zur Ruhe gelangen, in welchem ein Gleichgewicht zwischen seinem Gewicht und der Widerstandsfähigkeit des Bodens hergestellt wird; diese Widerstandsfähigkeit ist gleich der natürlichen Reaktion der Erde nach AB, vermehrt durch einen Theil des Druckes, welcher von dem Volum der Erden ausgeübt wird, die rechts und links herausgedrückt und so zu sagen über ihr natürliches Terrain gehoben werden.

Es kann sich ereignen, dass das Profil eines solchen Dammes keine bedeutenden Modifikationen erleidet und dass unter seinen Theilen keine Trennung stattfindet; indessen erfordert die ununterbrochene Senkung des Bahnplanums nach Massgabe, als neue Materialien zur Erhaltung der nöthigen Höhe herbeigeschafft werden, stets sehr viel Sorgfalt und kann die Ursache zu grossen Nachtheilen werden. Wenn man zur Aufführung des Dammes anstatt eines passenden Erdreichs nur über ein Material verfügen kann, welches bei grosser Feuchtigkeit flüssig wird, so ist es begreiflich, dass in diesem Falle die Schwierigkeiten viel grösser sein müssen und dass die Festigkeit dieses Dammes nur nach einer langen Zeit und mit einem viel bedeutendern Aufwand von Erde erzielt werden kann.

123. Die Einstürze, welche durch die Beschaffenheit des Unterbodens entstehen, kommen wie bereits erwähnt nur vor, wenn das Terrain sehr geneigt ist.

Nehmen wir an, dass ein Damm auf einem Terrain wie in Figur 49 hergestellt worden wäre, und dass sich in geringer Tiefe eine Thonschicht befinde. Stellen wir uns ausserdem vor, dass die Trennung der durchdringlichen Erdschicht von der Thonschicht eine genau bestimmte Fläche EF sei. Es ist klar, dass die ganze Masse $ABCD$ in die Bewegung nach der Richtung EF durch die Schwere hineingerissen wird, deren Wirkung von der Neigung derselben Linie EF abhängt. Die Kräfte, welche sich der Bewegung widersetzen werden, sind die Kohäsion und die Reibung, welche sich nach GH ausüben — die Kohäsion des durchdringlichen Terrains nach AG — und der Widerstand, den der Theil des natürlichen Terrains unterhalb des Dammes nach DH dem Druck der obern Massen entgegensetzt. Wenn wegen der geringen Summe, welche diese Widerstände einerseits und anderseits hervorbringen können, bei einer zu starken Neigung von EF die Schwere fähig ist, den Damm $ABCD$ in Bewegung zu setzen, so wird diese Bewegung auf der Fläche EF (Fig. 79) stattfinden und es wird bei der Linie GA ein Bruch der durchdringlichen Erdschichte entstehen, während am Fusse der Böschung das von der Masse $GABCDH$ gedrückte Terrain Aufquellungen erleidet, welche sehr stark und von grösserer oder geringerer Ausdehnung sein werden.

Meistentheils findet also in diesem Falle wie in den beiden vorstehenden nur eine einfache Verschiebung der ganzen Masse des Auftrages statt, und man kann annehmen, wie es übrigens auch häufige Beispiele beweisen, dass der Anblick des Dammes zuletzt wie der in Fig. 79 dargestellte sein wird.

124. **Einstürze, welche durch die Lage der Schichten veranlasst werden.** — Die Einstürze von Dämmen, deren Entstehungsart wir summarisch betrachteten, hängen mit Ursachen zusammen, welche so zu sagen ausser dem Raume liegen, der durch diese Aufträge eingenommen wird. Wir haben uns nun noch mit den Einstürzen zu beschäftigen, welche hauptsächlich entweder durch die Bauweise oder durch die Beschaffenheit der Materialien entstehen, aus denen die Aufträge bestehen.

In dem vorstehenden Kapitel haben wir nur die verschiedenen Ursachen der Einstürze angeführt, welche sich auf die Lage der einzelnen Massen beziehen, aus denen man die Dämme herstellt. Man kann aber bemerken, dass in den verschiedenen in §§. 95 und 96 erwähnten Fällen immer von der Bildung einer Abrutschungsfläche zwischen dem Kern des Auftrages und den seitlichen Prismen die Rede ist. Die krummlinige Form des Profils dieser Oberfläche erklärt sich ganz einfach durch die Bauweise der Dämme; sie wird durch die Krümmung bestimmt, nach der sich die Erde gelagert hat, um die Böschungen des mittleren Theils der Aufträge zu bilden, wenn sie in verschiedenen Zeiträumen aufgeführt wurden. Diese Rutschungsfläche besteht also nach der Vollendung der Dämme, sei es nun, dass die Erde der seitlichen Prismen von der des mittern Kernes durch ihren Dichtigkeitsgrad wegen der Ungleichheit der Senkung verschieden ist, oder dass die Trennung ausserdem durch Erdschichten von verschiedener Beschaffenheit und Dichtigkeit begünstigt wird.

Nehmen wir nun an, dass es sich um thonartige Terrains handle. Das Eindringen des Regens und des Thauwetters in die Dämme muss nothwendiger Weise das Erweichen der Erde veranlassen, folglich wird sich die Erde der seitlichen Theile des Dammes zu gleicher Zeit, als sich ihre Konsistenz vermindert, auf die Oberflächen versetzt sehen, deren Form der Wirkung der Schwere sehr günstig ist, und nach denen der Reibungswiderstand durch die Feuchtigkeit sehr gering werden kann.

Es umfassen also, wie es übrigens durch die Erfahrung bestätigt wird, die Einstürze von Dämmen im Anfange nur die Masse der seitlichen Prismen und die Rutschungen finden nach den gekrümmten Oberflächen statt, welche die einzelnen Massen von dem mittlern Theil der Aufträge trennen. Was die äussere Form betrifft, welche die eingestürzte Erde annimmt, so ist sie im Allgemeinen so ziemlich der in Fig. 81 dargestellten ähnlich; die Neigung ihrer Böschungen aber muss nothwendiger Weise sehr veränderlich sein und hängt von der Dichtigkeit der Erde und folglich von ihrer Beschaffenheit und ihrem Feuchtigkeitsgrade ab.

125. Ungleiche Senkungen. — Ein Damm aus Thonerde, der seiner ganzen Breite nach mit einemmal aufgeführt wurde, jedoch der Quere nach auf einem abschüssigen Boden steht, kann wie wir bereits in §. 97 erwähnten, ungleiche Senkungen erleiden, welche Veranlassung werden zu so tiefen Rissen, dass sie Einstürze verursachen. Es bestehen hier nicht wie in dem vorstehenden Falle vorher schon dagewesene Abrutschungsflächen. Man bemerkt freilich nach dem Entstehen der Einstürze, dass die Bewegung auf der unthätigen Masse nach einer krummen glatten und seifenartigen Fläche stattfand; die Formation des untern Theils dieser Art von Glacis aber findet in den meisten Fällen nur durch die Bewegung der Erde statt. Wir kehren aber zu der Annahme eines Dammes aus Thonerde wie in Fig. 54 zurück. Indem das Regenwasser reichlich in das Innere dringt und bis an den untersten Theil der Spalten, denen es vorzugsweise folgt, hinabgesunken ist, dehnt es sich im Innern des Auftrages und ganz besonders gegen die Oberfläche *A B* der Böschung hin nach allen Richtungen aus, und dadurch entsteht die Erweichung der Erde, welche übrigens durch die vielen durch die Senkung der Erde entstandenen Risse begünstigt wird.

Das Entstehen eines Böschungssturzes *A B* (Fig. 80) erklärt sich daher leicht, und die Richtung des Abhanges (glacis) wird an seinem obern Theile durch die der bedeutendsten Spalten, ihre Breite oder Tiefe, oder durch die Wassermenge bestimmt, welche sie aufnehmen.

126. Die Dammeinstürze, von denen wir die verschiedenen Folgen angegeben, sind diejenigen, welche am häufigsten während des Baues der Eisenbahnen vorkommen, und die vorstehenden Bemerkungen reichen aus, um die Wirkungen erklärlich zu machen, die sich auf andere Ursachen beziehen wie die sind, von denen am Ende des dritten Abschnittes die Rede war. Uebrigens würde es seine Schwierigkeiten haben, im voraus die Form und die Ausdehnung der durch das innere Wasser und die atmosphärischen Einflüsse veranlassten Einstürze zu bestimmen; man müsste zu diesem Behuf Rücksicht nehmen auf die Beschaffenheit der Erde, auf die Höhe und die Lage der Aufträge, auf den Zustand der Dammkronen, und endlich auf die Epochen, in denen die verschiedenen Theile des Auftrages aufgeführt worden sind u. s. w. Wir halten es desshalb für unnütz, noch einmal auf diesen Gegenstand zurückzukommen.

V. Abschnitt. Untersuchung des Terrains.

127. Die Darstellung der Principien, auf welchem das System unserer Befestigungsarbeiten beruht, würde uns nicht ausreichend erscheinen, wollten wir es nicht durch einige Bemerkungen hinsichtlich des besondern Studiums vervollständigen, das man mit den zu befestigenden Erden vornehmen muss.

Bevor man die Arbeiten zur Befestigung von Böschungen unternimmt, ist es stets von sehr grosser Wichtigkeit, einen ganz klaren Begriff von der Beschaffenheit des Erdreiches zu erlangen; es ist nothwendig, dass der Baumeister im Voraus die Ursachen unterscheiden kann, welche die Einstürze veranlassen oder sie zu veranlassen streben. Durch eine aufmerksame Prüfung dieser Ursachen wird man stets die guten Resultate erreichen, welche man von den repressiven oder bloss präventiven Arbeiten, die man für nothwendig erachtet, erwarten muss. Um was handelt es sich in der That in einem solchen Falle? Worauf wir zur Antwort erhalten: durch irgend welche Methoden die Ursachen der Einstürze zu unterdrücken oder aber sie durch leichtere oder vortheilhaftere Mittel zu neutralisiren.

Hält man sich an dieses so einfache Princip, so wird jeder verständige Baumeister die Ueberzeugung gewinnen, dass im absoluten Sinne des Wortes kein Befestigungssystem existiren kann und dass es mit Ausnahme einiger Methoden, die durch keine andere ersetzt werden können, möglich ist, unter vielen Ver-

hältnissen von gewissen eigenthümlichen Anordnungen, von denen noch nicht die Rede war, oder durch Anwendung gewisser Materialien, an deren Benutzung noch Niemand gedacht hat, gute Resultate zu erhalten.

128. Die Untersuchungen, welche man vornehmen muss, bevor man die Befestigungsarbeiten einer Böschung unternimmt, müssen sich hauptsächlich auf die Beschaffenheit der Erde, die Lage und die Richtung der Durchsickerungsschichten, so wie auf die Abrutschungsflächen beziehen.

Wir werden das nicht wiederholen, was wir bereits in den beiden vorstehenden Abschnitten über die Beschaffenheit der Erde und die früher bestandenen Abrutschungsflächen verhandelt haben, sondern wir werden nur einige Bemerkungen über die Untersuchung der Durchsickerungsschichten und über die Lage der Abhänge (glacis) der Einstürze mittheilen.

129. *A)* Durchsickerungsschichten. — Im eigentlichen Sinne des Wortes besteht keine genaue Regel zum Erkennen der Durchsickerungen. Das am natürlichsten erscheinende Mittel besteht in der Untersuchung der Spuren von Feuchtigkeit, die sich an der Oberfläche der Böschungen zeigen. Dieses Mittel kann manchmal ungenügend sein, z. B. wenn die wasserführende Schicht eine solche Lage hat, dass der Durchzug des Wassers nur bei Thauwetter und in Folge starker Regengüsse stattfindet, und dass in der übrigen Zeit die geringe Feuchtigkeit der Sickerschichten durch die Verdunstung bis zu einer gewissen Tiefe unter der Böschungsfläche verschwindet.

Um die Untersuchungen zu erleichtern empfiehlt Herr de Sazilly mit Recht, dass man sich einzig und allein an die Beschaffenheit der Erde halten müsse, und dass man annehme, es existire eine Durchsickerung in jedem mehr oder minder durchdringlichen Terrain, wenn die Schicht, worauf es liegt, von lehmhaltender Beschaffenheit und minder durchdringlich ist.

Hier ergibt sich aber eine andere Schwierigkeit. Es ist nicht immer möglich die Separationslinie zweier übereinanderliegender Schichten genau zu bestimmen. Wenn es sich ereignet, dass sich die Schichten nicht deutlich trennen, so räth Sazilly an, die Uebergangslinie des durchdringlichen Terrains zum undurchdringlichen durch die feuchten Spuren der Sickerung kennen zu lernen, „mit grosser Sorgfalt die Beschaffenheit der Erde, wo man Sickerungen bemerkt, zu beachten und alsdann jeden Theil der Böschung, der sich in ähnlichen Verhältnissen befindet, als Sickerungsschicht zu betrachten.“

Die ganze Schwierigkeit besteht also darin, die Sickerungsschichten durch die Spuren von Feuchtigkeit, die an der Oberfläche der Böschungen erscheinen, aufzusuchen, und dieser Gegenstand ist es, worauf sich unsere Bemerkungen und Beobachtungen beziehen.

Zur Erleichterung dieser Arbeit unterscheiden wir zwei Arten von Sickerungsschichten: 1. solche, welche das ganze Jahr hindurch oder wenigstens in der Epoche, in welcher man sich vorgenommen hat die Auswässerungsarbeiten vorzunehmen, sichtbar sind; 2. Sickerungen, welche man „aussetzende“ nennen könnte, die aber beim Beginn der Austrocknungsarbeiten keine Spur von Feuchtigkeit zeigen.

130. ad 1. Es kann sich ereignen, dass sich wegen des reichlichen innern Durchsickerungswassers, der Beschaffenheit des durchdringlichen Terrains und einer besonderen Richtung der undurchdringlichen Schichten die Durchsickerungen bis zu einer grossen Höhe auf der Böschungsfläche ausdehnen; eine Sickerung dieser Art wird gewöhnlich mit der Benennung „allgemeine Durchsickerung“ bezeichnet; auch lässt sie sich manchmal auf eine Verbindung von mehreren gewöhnlichen sehr nahe beieinander liegenden Sickerungen anwenden, die zusammen eine sehr bedeutende Fläche einnehmen.

Die Ausdehnung der gewöhnlichen Durchsickerungen nach der Höhe ist gleich der ganzen Stärke der wasserführenden Schicht, wenn diese Stärke nicht bedeutend ist, und im entgegengesetzten Falle richtet sie sich nach dem Grade und der Durchdringlichkeit der wasserleitenden Schicht und nach der Menge des Filtrationswassers. So wird in Fig. 82 die Sickerungshöhe S gleich sein der Stärke der schwachen durchdringlichen Schicht AB; da die Schwere beinahe allein durch die ausserordentlich durchdringliche Schicht C wirkt, so wird sich die Sickerung S', wenn nicht eine ausserordentliche Wassermenge vorhanden ist, nur über einen Theil der Höhe dieser Schicht erstrecken; endlich muss sich die Höhe der Durchsickerung S'' wie in dem vorliegenden Falle nach der Menge des Filtrationswassers richten, und ausserdem wird sich wegen der grösseren Wirksamkeit der

Kapillarität die Feuchtigkeit auf einer grössern Fläche der Böschung zeigen.

Wir haben diese Bemerkungen für nothwendig gehalten und glauben, dass sie hinreichend sind, um eine gehörige Unterscheidung zwischen einer gewöhnlichen Durchsickerung und derjenigen zu machen, die man eine „allgemeine Durchsickerung" zu benennen für passend gefunden hat. Wichtig ist dieser Unterschied allerdings, weil die Befestigungsmethoden auch bei jeder Art anders sein müssen, und vielleicht auch schon desshalb, weil er, wie wir es angenommen, dazu nützen kann, um die Schwierigkeiten zu lösen, die sich in der Praxis der Befestigungsarbeiten sehr oft einzustellen pflegen.

Wenn die Durchsickerungen eine geringe Bedeutung haben, so verbreitet sich das Wasser über einen grossen Theil der Böschungsfläche, so dass beinahe die ganze Masse gleichmässig durchnässt erscheint; ausserdem geben die durchwässerten Erdarten, wenn sie sich verschieben, die Grenzen der verschiedenen übereinander liegenden Terrainschichten an, so dass die durchdringlichen Schichten sich ohne merklichen Uebergang mit den undurchdringlichen Schichten zu vereinigen scheinen. Wenn ein solcher Umstand eintritt, so könnte man im ersten Moment glauben, dass die Feuchtigkeit des Erdreichs von einer allgemeinen Durchsickerung herrühre; manchmal scheint auch das innere Sickerungswasser, wenn es auf der Oberfläche einer Böschung zu Tage tritt, aus einer Schicht hervorzuquellen, welche eine undurchdringliche thonhaltige Beschaffenheit hat.

Wenn man die Durchsickerungsschicht untersucht, so darf man nicht vergessen, dass sich die Erden verschiedener Art augenblicklich zersetzen, sobald sie an die Luft kommen, und dass sich nach Verlauf einiger Zeit an der Oberfläche der Böschung eine durchdringliche Schicht von gewisser Stärke zeigt wie bei AB in Fig. 83.

Bei Betrachtung dieser Figur wird man es bald inne werden, wie es zugeht, dass die Oberfläche einer Böschung auf einer weiten Strecke feucht ist wie bei einer allgemeinen Durchsickerung, und warum das Sickerwasser manchmal an einer Böschungsfläche in einer gewissen Entfernung zum Vorschein kommt, welche niedriger ist als die wirkliche wasserhaltende Schicht.

Das Binnenwasser folgt seinem gewöhnlichen Laufe in der Richtung der undurchdringlichen Schichten bis es nächst der Böschungsfläche an den Punkten erscheint, wo der thonhaltige Boden bei Berührung der Luft einen gewissen Grad von Durchdringlichkeit erlangt hat; es wird in diesem Falle natürlicher Weise das Bestreben haben in der Richtung der Linie CD zu fliessen, welche wir als die Trennungslinie der unberührten und der zersetzten Erdarten angenommen haben. Es wird also das Durchsickerungswasser $s s^1$ und s^2 durch die Zone $ABCD$ von beweglichen Erdarten und gleichzeitig bis zur Oberfläche der Böschung dringen, wenn das Filtrationswasser sehr reichlich ist, und wie es noch die Fig. 83 andeutet, wird das Sickerwasser s, anstatt zwischen den Punkten I und I' zu Tage zu treten, nur bis zu einem Punkt I'' unterhalb der untern Grenze der durchdringlichen wasserführenden Schicht P gelangen.

Um auf eine möglichst genaue Art den Umfang der Einsickerung, ihre Wassermenge und hauptsächlich ihre untere Grenze kennen zu lernen, ist es von grosser Wichtigkeit nur den Urboden zu untersuchen und zu diesem Behuf an der Oberfläche der Böschung in gewissen Distanzen die denselben bedeckende zersetzte Erdschicht wegzunehmen. Man bedient sich zu dieser Arbeit einer Schaufel oder einer Hacke, vorzugsweise aber einer Maurerkelle, weil solche für Untersuchungen bei Sickerungen geeigneter ist und ausserdem den Vortheil hat, dass sie keine Mühe verursacht; man kann damit in schwierigen Fällen genauer arbeiten, wie z. B. wenn es sich darum handelt, schwache Spuren von Durchsickerungen bis zu den natürlichen Rissen der Erde zu entdecken.

131. ad 2. Es ist leicht begreiflich, wie wichtig es ist sehr genau die Anzahl, die verschiedenen Richtungen und die Ausdehnung der Einsickerungen kennen zu lernen, die sich an der Oberfläche der Böschungen zeigen; denn diese verschiedenen Verhältnisse müssen nothwendiger Weise auf die Wahl der Auswässerungsarbeiten Einfluss haben, welches Befestigungssystem man auch in Anwendung bringen möge. Die Einsickerungen aber, welche nur einige Zeit und in langen Zeitabschnitten erscheinen, diejenigen, welche beinahe immer nur eine so schwache Feuchtigkeit führen, dass diese von der Luft ganz absorbirt wird bevor sie zur Oberfläche der Böschungen gelangt, verdienen

diese beiden Arten der Durchsickerung die Aufmerksamkeit des Ingenieurs? Es scheint, dass das innere Wasser, das nur in langen Intervallen und in kurzen Zeiträumen bis zur Böschungsfläche kommt, nur Beschädigungen ohne Erfolg verursachen und dass beinahe unsichtbare Durchsickerungen so unbedeutender Art sein müssen, dass es nicht nothwendig ist, Rücksicht darauf zu nehmen. Um diese beiden Fragen zu beantworten, dürfte zuvörderst zu bemerken sein, dass das an der Oberfläche einer Böschung erscheinende innere Wasser kein anderes ist als Regenwasser, welches, nachdem es durch natürliche Spalten oder Risse oder in durchdringliches Terrain der Oberfläche des Bodens eingedrungen, dem Gefälle der undurchdringlichen Schichten, welche denen der Böschung korrespondiren, folgen musste. Folglich wird eine Durchsickerung bei übrigens gleichen Verhältnissen um so reichlicher sein als die undurchdringliche Schicht geneigter ist, und ihre Grenze bei A (Fig. 84) nächst dem Boden, muss sich näher an dem Einschnitte befinden; aus ähnlichen Gründen, wenn die undurchdringliche Schicht nur ein geringes Fallen hat und ihr höchster Punkt A (Fig. 85) von dem Punkt s weit entfernt ist, kann das Durchsickerungswasser sA nur sehr langsam gegen die Böschung BC des Einschnittes fliessen. Dann würden aber in dem ersten Falle (Fig. 84) die Durchsickerungen nur eine sehr beschränkte Dauer im umgekehrten Verhältnisse der Geschwindigkeit der Bewegung des innern Wassers haben, und im zweiten Falle (Fig. 85) würde das Filterwasser an der Oberfläche der Böschung BC freilich mit weniger Ergiebigkeit, jedoch meistens auf eine permanente Weise ankommen.

Man muss es daher einsehen, dass eine nur periodisch zum Vorschein kommende Sickerung eine bedenkliche Ursache zu Einstürzen sein muss, besonders, wenn man überlegt, dass die Momente, wo sie das meiste Wasser führen, den starken Regengüssen oder dem Thauwetter entsprechen, und dass die Durchsickerungen, die nur eine geringe Wassermenge haben, ebenfalls sehr gefährlich werden können, besonders, wenn die Beschaffenheit des Erdreichs von der Art ist, dass man die Oberfläche der Böschungen wegen der unaufhörlichen Wirkung des Filtrationswassers bekleiden muss. Man hat also stets mit der grössten Sorgfalt die Spuren der Durchsickerungen, die an einer Böschungsfläche bestehen, zu untersuchen, die man aber aus Ursachen, welche ihre Erklärung finden werden, in gewissen Epochen nicht bemerkt; die Erfahrung hat es bewiesen, dass man sich, wenn man sie vernachlässigt, vielen Täuschungen aussetzt.

132. Diese vielen Bemerkungen über die Durchsickerungen dieser Art werden durch ihre Wichtigkeit so wie auch durch die Schwierigkeiten gerechtfertigt, die mit den Untersuchungen verbunden sind, wozu sie Veranlassung geben. Nach dem Vorstehenden würde die unbestimmte Regel, die man aufstellen könnte, folgende sein: „Jedesmal, wenn ein undurchdringliches Terrain auf ein durchdringliches folgt, ist es mehr als wahrscheinlich, dass an der Durchschneidung beider Schichten eine Sickerung besteht; verhinden sich die beiden Terrains ohne sichtlichen Uebergang, so wird der Uebergang der durchdringlichen Schicht zur undurchdringlichen durch die natürliche Feuchtigkeit des Erdreichs bestimmt."

Die Hauptsache geht also mit kurzen Worten darauf hinaus, an der Oberfläche der Böschungen Spuren von Feuchtigkeit zu entdecken, welche durch Sickerwasser entstehen. Die Mittel, um zu diesem Resultat zu gelangen, sind ebenso zahlreich als mannigfaltig, und hängen im Allgemeinen von den Umständen ab, in denen man sich befindet; sie beziehen sich aber namentlich auf den Zustand des Erdreichs und auf die atmosphärischen Einflüsse.

133. Das sicherste Mittel, alle Durchsickerungen der Böschungen kennen zu lernen, ist unstreitig dasjenige, das in der Untersuchung des Erdreichs während des Abtrages in den Einschnitten besteht; denn alsdann sind die Durchsickerungen am reichlichsten und man unterscheidet am besten die Beschaffenheit der verschiedenen Schichten durch die mannigfachen Nuancen, welche sie zeigen. Wenn man alsdann Sorge trägt, die bemerkenswerthesten Punkte der wasserführenden Schichten gehörig zu notiren, so ist man nachher im Stande alle auf diese Art durch einen Punkt ihrer Oberfläche bezeichneten Schichten als Durchsickerungsschichten zu betrachten. Geht man auf diese Weise vor, so ist es unzweifelhaft, dass man zur Kenntniss aller Durchsickerungen einer Böschung gelangt; hat man aber diese Anhaltspunkte nicht zur gehörigen Zeit und erst dann wahrgenommen, nachdem die Oberfläche des Terrains lange Zeit den atmos-

phärischen Einflüssen ausgesetzt war, so wird man mit geringerer Gewissheit arbeiten; die zersetzten Erden verhindern durch ihre Verschiebung, dass die Spuren der Feuchtigkeit ganz deutlich zum Vorschein kommen, und die Verdünstung, welche durch die Beweglichkeit der Erde begünstigt wird, ist sehr häufig die Ursache, dass ein Durchsickerungswasser wohl bis zur Oberfläche der Böschung gelangen kann. In diesem Falle muss man die Böschungen mit um so grösserer Sorgfalt untersuchen und die viel umständlichern Methoden anwenden, von denen die besseren auf die Beobachtung der Verdunstungseffekte gegründet sind.

Die Durchsickerungen machen sich in den Einschnitten sehr bemerkbar, welche die Erdarbeiter machen, bevor sie die Böschungen reguliren; betrachtet man mit Aufmerksamkeit die Seitenwände dieser Einschnitte, so unterscheidet man hinlänglich die Beschaffenheit der verschiedenen Schichten.

Manchmal ist es möglich Durchsickerungen bei grosser Tageshitze zu erkennen, wenn nämlich die Trockenheit die Farbe der Erde bedentend verändert hat und die Feuchtigkeit der wasserführenden Schicht sich schnell erneuert; indessen ist dieser Fall sehr selten und setzt die energische Wirkung der Sonnenstrahlen voraus, so dass der Fall meistens nur bei der einen Böschung der Einschnitte vorkommt. Im Allgemeinen ist der günstigste Moment zur Aufsuchung schwacher Spuren von Durchsickerung die Zeit in der Morgenstunde beim Anfgange der Sonne; wenn man beabsichtigt die Einschnitte in einer solchen Zeit zu besuchen, so ist es zweckmässig, wenn man vorher Sand oder auch Asche über jene Flächen ausbreitet, bei denen man sehr schwache Sickerungen vermuthet; die dunklere Farbe, welche der Sand, besonders aber die Asche annimmt, zeigen beinahe immer die geringsten Spuren von Feuchtigkeit an.

Es existirt unstreitig eine grosse Anzahl von Mitteln, um das Dasein und die Richtung wasserführender Schichten zu erkennen, z. B. der Anflug, der sich manchmal an der Oberfläche der Böschungen in Folge des Frostes bildet, die mehr oder weniger reiche Vegetation, je nach der Feuchtigkeit u. s. w. Dies sind aber meistens nur eigenthümliche Fälle. Nichtsdestoweniger ist anzunehmen, dass man die schwachen Durchsickerungen bei Anwendung des bezeichneten Vorgehens entdecken wird.

134. Man hat manchmal die Frage aufgestellt, ob an jeder Böschung in einem in wasserführendem Terrain ausgeführten Einschnitt Durchsickerungen bestehen müssen, wenn die Schichten von verschiedener Beschaffenheit ein sehr starkes Quergefälle haben. Diese Frage kann man nur bejahend beantworten, weil diese Thatsache besteht, und man sie selbst sehr häufig in beinahe allen wasserführenden Einschnitten findet.

Die Durchsickerungen, die man an den minder hohen Böschungen der Einschnitte bemerkt, sind gewöhnlich weniger wichtig als an der entgegengesetzten Böschung; sie sind aber im Allgemeinen fähig wenigstens Beschädigungen an der Oberfläche hervorzubringen, die man immer zu verhindern suchen muss. Die Durchsickerungen dieser Art können veranlasst werden durch eine unregelmässige Neigung der wasserhaltenden Schichten, die mit dem allgemeinen Gefälle der Oberfläche des Bodens differirt.

Eine solche Unregelmässigkeit aber wird sich nur ausnahmsweise zeigen, und man muss offenbar zu einer andern Erklärung der Bewegung des Wassers über die niedrigsten Böschungen der Einschnitte greifen.

Wir glauben die Erklärung der Bewegung des Wassers einer Durchsickerung Ss' (Fig. 86[bis]) gegen den Einschnitt $ABCD$ gefunden zu haben, wenn wir diese Bewegung gleich stellen mit der, welche bei einem Stück Wäsche L stattfindet, von der das eine Ende in ein mit Wasser gefülltes Gefäss V (Fig. 86) getaucht ist.

Macht man in der That den in der genannten Figur angegebenen Versuch, so bemerkt man leicht, dass wenn das freie Ende der Wäsche auf dem Tische T liegt, das ganze Wasser des Gefässes V in sehr kurzer Zeit durch diese Wäsche dringen und sich über den Tisch ausbreiten wird. Wenn aber das freie Ende der Wäsche nicht bis zum Niveau des Bodens F des Gefässes hinabgeht, so wird diese Wäsche bloss benetzt werden.

Es ist daher nicht schwierig anzunehmen, dass das innere Wasser der Durcksickerung Ss', das in der durchdringlichen Schicht P enthalten ist, bis s' emporsteigen kann, um dann durch die zersetzte und folglich durchdringliche Schicht unter die Fläche AB hinabzugehen, denn die Bewegung des Wassers findet nach $Ss'B$ durch eine fortgesetzte durchdringliche, obgleich aus Erdreich von verschiedener Be-

schaffenheit gebildete Schicht auf dieselbe Art statt, wie das Wasser des Gefässes V sich bis über den Rand erhebt, um auf den Tisch zu fliessen, wenn es durch irgend ein Gewebe geht.

Wir werden uns aber bei dieser Erklärung nicht länger aufhalten, denn wir glauben nicht, dass es besondern Nutzen gewähren wird zu untersuchen, warum z. B. die Kraft, welche das Wasser von S nach s' und B zurücktreibt, nicht eine entgegengesetzte Bewegung, d. h. nach $B\,s'\,S$ verursacht, und von welchem Punkt der Linie $s'\,S$ das innere Wasser beginnt, der Wirkung der Schwere zu gehorchen, so dass es so zu sagen seiner natürlichen Richtung über die undurchdringliche Schicht I (Fig. 86bis) folgt.

Wir glauben, dass es hinreichend ist, eine Thatsache zu bestätigen, die man leicht bei allen wasserhaltenden Einschnitten beobachten kann, und zu beweisen, dass es nicht unmöglich ist, anzunehmen, dass das innere Wasser durch die dasselbe enthaltenden durchdringlichen Schichten aufsteigt, um Durchsickerungen auf den Böschungen der Einschnitte zu bilden, die dem Gefälle der Abhänge entgegengesetzt sind.

135. Sanfte Abhänge. (Glacis). — Bevor man zu der Wahl der Anordnungen schreitet, welche zur Befestigung einer eingestürzten Böschung nothwendig sind, muss man nothwendigerweise einen sehr genauen Begriff von der Form und den Dimensionen der Glacis haben. Es würde in der That sonderbar sein, Repressivarbeiten vorzunehmen, ohne wenigstens annäherungsweise das Volum des Einsturzes und besonders die Separationsfläche zwischen dem festen Terrain und den eingestürzten Massen zu kennen.

Im Allgemeinen werden die Dimensionen eines Glacis hinreichend durch die beiden äussern Punkte des Querprofils der Rutschfläche bestimmt. Da der obere Theil eines Glacis beinahe immer sichtbar ist, so braucht man nur dessen untere Grenze zu suchen.

Die Einsturzabhänge haben gewöhnlich eine glatte und seifige Fläche, welche beinahe immer in der Richtung der Bewegung der Erde gestreift ist. Manchmal auch werden sie charakterisirt durch eine Schicht sehr feuchter, fetter Erde, welche gewöhnlich aus nassem, durch die Wirkung des Wassers unter dem Einflusse des Druckes und der Bewegung der eingestürzten Erde erweichten Thon besteht.

Um die Abrutschungsabhänge zu finden, gibt es beinahe kein anderes Mittel als das Aufgraben der eingestürzten Erde bis zu dem Terrain, das sich nicht bewegt hat. Handelt es sich übrigens um die Befestigung einer eingestürzten Böschung, so beginnt man allgemein damit, dass man wenigstens die Erde wegnimmt, welche über das ursprüngliche Profil hinaus geht; in diesem Falle ist es leicht bei etwas Aufmerksamkeit die Grenze zu erkennen, welche die unthätige Masse von der sich bewegenden Erde trennt.

Wenn es sich um einen Einsturz an einer Einschnittsböschung handelt, so macht sich übrigens das Terrain durch die Grade seiner Konsistenz bemerkbar; bei Einstürzen von Aufträgen aber, wenn der Abhang (Glacis) keine von den angeführten Charakteren ausspricht, kann man in grosse Verlegenheit kommen, um beim ersten Anblick die untere Grenze eines Einsturzes zu erkennen; um diese Schwierigkeit zu beseitigen, braucht man nur beinahe unmerklich die Bewegung der Erde herbeizuführen. Nehmen wir an, dass eine Böschung, in einem Einschnitte selbst, nach Fig. 87 eingestürzt sei und dass man auf eine gewisse Länge den Theil $A\,C$ der Böschung abgetragen habe, so wird das provisorische Gleichgewicht der eingestürzten Masse $A\,D\,E\,F\,H\,G$ plötzlich unterbrochen sein und die Bewegung wird sich fortsetzen, wenn auch in schwacher Weise, jedoch immer so stark, dass die Linie $P'\,C'\,G'$ sich in einem wahrnehmbaren Abstande von ihrer ursprünglichen Lage $P\,C\,G$ befindet; der Vorsprung $G\,G'$ wird immer auf eine sehr genaue Weise die untere Grenze des Einsturzes angeben.

Wenn eine Böschung im Abtrage bis zum Niveau des Eisenbahnplanums eingestürzt ist, so kann der vorstehende Versuch vielleicht nicht hinreichend sein. Es ist alsdann immerhin wohlgethan, das Terrain bis zu einer gewissen Tiefe im Verhältniss mit dem Volum des Einsturzes zu sondiren. Nehmen wir (Fig. 88) in der That an, dass ein Einsturz nach $A\,H\,F\,G$ in Folge der Wirkung des Durchsickerungswassers auf die thonhaltige Schicht G stattgefunden, so wird sich zuvörderst das ursprüngliche Profil $A\,B\,C$ nach $A'\,B'\,C'$ verändern; wenn aber die Erde des Einsturzes nicht zu flüssig ist, so wird der Widerstand, der sich nach $a\,D$ kundgibt, die Bewegung der Masse M, jedoch meistens ohne sie aufzuhalten, modificiren; es wird sich also dann in der Höhe des Punktes A' eine neue Ab-

rutschungsfläche $A' E F$ bilden, welche alle die Merkmale zeigen wird, von denen wir gesprochen.

Als ein merkwürdiges Beispiel dieser eigenthümlichen Art des Einsturzes könnten wir denjenigen anführen, welcher im Monat Juni 1859 in dem Einschnitt du Grivé (Mühlhausener Linie) erfolgte, von welchem später die Rede sein wird.

Man sieht, dass der Einsturz nicht tiefer reicht als bis DH (Fig. 88), wenn das Terrain unter dieser Linie einen gewissen Grad der Konsistenz bietet, und die Hacke einen eigenthümlichen Ton veranlasst, den alle Erdarbeiter sehr gut kennen; in der Erde des Prisma $AHFE$ werden die Hackenschläge gar keinen Ton hervorbringen, die Erde wird sich leicht ablösen, und ihre Konsistenz nähert sich merklich derjenigen der abgetragenen Erde. (Schluss im nächsten Hefte.)

Der Gangeskanal und die Bewässerung Indiens im Allgemeinen.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 18.)

Strabo bittet seine Leser um Nachsicht, bevor er zur Beschreibung Indiens übergeht; er räumt es ein, dass dieses Land den griechischen Nationen beinahe ganz unbekannt war, dass es nur von einer kleinen Anzahl von Reisenden sei besucht worden, und dass sie nur einen kleinen Theil desselben kennen gelernt, da sie stets durch die mit einer militärischen Expedition verbundenen Beschäftigungen von eingehenden Untersuchungen abgehalten wurden.

Seit der Zeit Strabo's ist Indien durch die Völker des Abendlandes immer mehr in Nebel gehüllt worden und bis zu einer noch nicht sehr fernen Epoche besass man nur sehr unvollständige und widersprechende Nachrichten über die Traditionen, die Monumente, die Institutionen und die soziale Organisation der alten Indier. Der Feldzug des Darius fand keinen Geschichtsschreiber; Alexander kam nicht weiter als bis zu den Ufern des Hyphasis; nach ihm drangen einige Griechen bis zum grossen Gangesthale vor; die Römer besuchten bloss die Küste und das Land der Gangariden; die Araber, bessere Schifffahrer, hatten sich in jene fernen Meere weiter vorgewagt, ohne aber auf dem Kontinent den Sindhy zu überschreiten, und die Portugiesen des 15. Jahrhunderts endlich betrachteten ihre abenteuerlichen Eroberungen kaum als etwas anderes als eine bequeme oder wahrscheinlichste Gelegenheit Reichthümer zu sammeln. Der Geist der Eroberung und die Hoffnung auf Gewinn hatten bis dahin die Forschungen der Gelehrten wenig begünstigt.

Nach den Portugiesen kamen andere Völker nach Indien; nach langen Kämpfen aber blieben die Engländer die Herren der Halbinsel. Indessen hatten die Geographie und Geschichte in den durch den Krieg verwüsteten Gegenden eine reichliche Ernte gemacht, als die asiatische Gesellschaft von Kalkutta der Mittelpunkt der mühsamsten und gelehrtesten Untersuchungen wurde. Seit dem Jahre 1780 haben die Engländer viel gethan, um das Chaos der alten Traditionen zu entwirren, einige Gelehrten waren so glücklich in den bis dahin nicht erreichbaren Archiven der Brahminen Nachforschungen anzustellen, und dort erhoben sich vor ihnen die Monumente eines hohen Alterthums, von deren Existenz die Alten gar keine Idee hatten. Fleiss und gründliches Studium brachten die Gelehrten dahin, einige Fragmente jener Sanskrit-Literatur zu lesen, welche die Zeit unverständlich gemacht zu haben schien und nun begannen sich die Mysterien einer alten Zivilisation zu enthüllen. Bei diesen edlen Bestrebungen, bei diesen Arbeiten, an welchen das gelehrte Deutschland bald seinen Antheil kund gab, hatten die Engländer das unbestrittene Verdienst die ersten gewesen zu sein, eine neue Fundgrube erschlossen und Schätze zu Tage gefördert zu haben, deren Werth immer mehr und mehr geschätzt wird.

Um das Alterthum der Bewässerungen in dem südlichen Theile des asiatischen Kontinents nachzuweisen ist es unumgänglich erforderlich, einen Blick auf die Zivilisation der alten Indier zu werfen und den Gang derselben durch die verschiedenen Jahrhunderte zu verfolgen.

In einer unbekannten aber sehr alten Epoche besass Indien eine mannigfaltige und sehr reiche

Literatur, welche das Werk einer durch ihre Bilder, ihre Biegsamkeit, durch ihre Kraft und durch den Prunk ihrer Erzählungen merkwürdigen Sprache war. Diese Sprache malte auf bewundernswürdige Weise die einzelnen Szenen des Privatlebens, den Luxus und die Herrlichkeit der indischen Höfe, die Schönheit der Gegenden und alle die erhabenen Erscheinungen der Natur; sie war der Dolmetscher der Zivilisation von ihrer Wiege an; sie drückte auf eine natürliche jedoch edle Weise alle Bedürfnisse des gesellschaftlichen Lebens, alle Gefühle und alle Begriffe aus, und als die Zeit gekommen war, dass sie anderen Sprachen und einer neuen Literatur weichen musste, fand sie ein unverletzliches Asyl in dem Sanktuarium.

In diesem kostbaren Monument des Alterthums sucht man aber vergebens die Annalen eines Volkes, das keiner Intelligenz fremd gewesen zu sein scheint; Indien hat keine Geschichte, die Vergangenheit resumirt sich für dasselbe auf die Namensverzeichnisse von Dynastien und auf die Kämpfe der Völker, die in den heiligen Dichtungen beschrieben sind.

Abu-Fazel veröffentlichte die Liste von 9 Dynastien und 191 Königen, welche während einer Periode von 4109 Jahren über Kachemir herrschten; dieses Verzeichniss aber und die von dem persischen Geschichtsschreiber übersetzten Annalen sind nur sehr alte Auszüge der Puranas und der Sanskrit'schen Heldengedichte.

Die Geschichte Ceylons, Auszug des Rajavali, die einzige Schrift, welche die Bekenner des Buddha auf Europa vererbt haben, ist auch nichts anderes als eine poetische Kompilation, die als literarisches Denkmal sehr schätzenswerth, als geschichtliche Autorität aber für nichts zu betrachten ist.

Das historische Alterthum der Völker des Dekan und der Ghatkette beruht nur auf fabelhaften Traditionen. In diesen südlichen Gegenden unter dem Schatten von Tanjores und Pluthanas und an den balsamisch duftenden Gestaden der Seen hatte die sanskrit'sche Poesie glückliche Inspirationen; die Nation aber, die sie entstehen sah, hatte keinen Geschichtsschreiber.

Die Volkstradition endlich zerstreut über die ganze Halbinsel wichtige Städte, deren industriellen und kommerziellen Wohlstand sie übertreibt; eine grosse Anzahl dieser Städte ist aber im Besitz von fabelhaften Legenden, und es ist unbekannt, wo ihre Ruinen liegen; andere von weniger streitbarer Existenz haben niemals irgend einen politischen Einfluss gehabt, noch die Reichthümer besessen, von denen die Tradition spricht; überall fühlt man den Mangel historischer Ueberlieferungen.

Wenn Indien keine Geschichte hat *), wenn das Alterthum von seiner Autorität verliert und sich seine Traditionen ohne Unterlass und überall mit den Fiktionen des Heldengedichtes vermischen, so kann es auch keine Chronologie haben. Diejenige, welche die Brahmanen anführen, ist bei weitem nicht so alt als sie glauben, denn es ist jetzt eine bewiesene Thatsache, dass das wahre chronologische System, das einzige, welches auf sichern Daten beruht, mit dem Radschah Wikramaditya, 56 Jahr vor Chr. beginnt. In der Zeit vor diesem Fürsten waren die astronomischen Kyklen mit Irrthümern durchwebt, die um so grösser waren als die Poesie sie unter das Protektorat des Sanktuariums gestellt hatte. Der Anfang der Zeitrechnung von Wikramaditya machte dieser Verwirrung ein Ende; sie schied eine ungewisse und fabelhafte Vergangenheit von einer Zukunft ab, die nicht ohne Ruhm erscheinen sollte.

Indessen lässt es sich nicht verhehlen, dass das indische Volk ein sehr hohes Alterthum hat; ob es aber ein ureingebornes ist, oder ob es sich durch die gezwungene oder freiwillige Verschmelzung mehrerer Völker gebildet hat, ist die Frage. Die Eintheilung der Indier in Kasten scheint einige Aufklärung hierüber zu geben. Die Kasten sind sehr alten Ursprunges und man wird auf die Vermuthung geführt, dass sie durch mehrere Völker entstanden, welche durch die materielle Macht vereinigt und mit der Zeit durch Politik und Religion miteinander verschmolzen wurden. Bei den Aegyptern beruhte ursprünglich die Kasteneintheilung auf eine Raszenverschiedenheit; in Europa dagegen sah man im Mittelalter einbrechende Raszen sich mit den früher sesshaften Geschlechtern verbinden, die sie aber trotzdem durch das Recht der Eroberung beherrschten.

*) Die authentische Geschichte Indiens beginnt erst mit der Invasion der Muselmänner, um das Jahr 1000 der gemeinen Zeitrechnung. Im 13. Jahrhundert besuchte Marco Polo das Land und im 18. Jahrhundert veröffentlichten zwei persische Schriftsteller, Abu-Fazel und Mahomed Ferishta, ihre gelehrten Untersuchungen.

Wenn die Geschichte dieser Kämpfe und Verschmelzungen in eine grenzenlose Vergangenheit fällt, so wissen wir wenigstens, dass uns diese Vergangenheit eine Klasse von Menschen hinterlassen hat, deren Ansehen sich stets auf die Religion, auf eine höhere Bildung und auf den persönlichen Muth stützte, wir meinen die Kaste der Brahminen, welche von der Himalayakette herabstiegen, die Ketris oder die Kaste der Krieger besiegten und nach und nach die Ebenen des Ganges, des Indus, die lange Kette der Ghats eroberteu und sich an dem westlichen Ufer der Halbinsel niederliessen, wo sie damals die berühmten Monumente von Elephantine nnd Salsette auf zwei dem Kontinent nahe gelegenen Inseln errichteten. Die Grotten von Ellora, welche etwas später angelegt wurden, zeugen von einer wohlbefestigten Herrschaft in der Zentralregion Indiens.

Diese sanskritschen Sanktuarien, welche von der Zeit und den Menschen unbeschädigt geblieben, sind die unverwerflichsten Zeugen der Macht der Brahminen in einer sehr frühen Epoche. Indem sie ihre Eroberungen gegen Süden ausdehnten, hörten sie nicht auf über den Pendschab und Kachemir zu herrschen. Von dem Indus bis zur Insel Ceylon, von Bodri-Nath bis Salsette hatten sie durch den Einfluss der Religion, durch die Bevorzugungen der Kaste, durch die Fesseln des Ritus, eine Menge von Fürsten oder Radschahs unterjocht, die über dem ganzen Kontinent zerstreut waren, und in dieser Periode ist es, wo die Staaten von Taxila und Porus von den griechischen Geschichtschreibern, die blühenden Reiche oder Kolonien von Delhi, Benares, Maghada, Palibothra und Kanoga am Ganges, die Königreiche Ayodhya am Gograh, die von Ellora, Deogur, Mawalipuram und Tanjore in den sanskritschen Heldengedichten genannt worden.

Die Existenz dieser, durch die politische Geschicklichkeit der Brahminen geschaffenen Reiche ist unläugbar. Ein einziges Reich war ein Werk des nationalen Patriotismus und eines glücklichen Soldaten. Sandrakottas, Augenzeuge der Kämpfe gegen Alexander, bot die an den Ufern des Ganges wohnenden Völker auf und unterwarf sich den Pendschah und die ganze grosse Region, welche den Hyphasis von der Stadt Palibothra trennt. Von der Höhe dieses Thrones herab verhandelte Sandrakottas stolz mit Seleukos Nikator, als dieser dahin trachtete, die von Alexander so mühsam errungene Herrschaft zu sichern.

Palibothra und Canoga waren damals die Hauptstädte der Prasii oder herrschenden Stämme im Gangesthale; die Staaten des Sandrakettas erstreckten sich durch die Ereberung bis zu den Ländern der Gangariden, welche mächtigen Stämme die Alten nach Bengalen versetzten.

Diese indischen Reiche, deren Grenzen und Macht sich nach der Geschicklichkeit der Fürsten oder nach dem zähen und aufgeklärten Willen der Brahminen bald grösser bald kleiner gestalteten, heweisen die Existenz eines vom höchsten Alterthum an gebildeten Volkes; Indien trat Alexander an den Ufern des Hyphasis schon mit einer kräftigen und regelmässigen Organisation entgegen; seit mehreren Jahrhunderten genossen diese Gegenden eine Ruhe, welche auf eine sichere Macht, auf eine vorgerückte Zivilisation und auf einen bis zu den untern Schichten des Volkes sich erstreckenden Wohlstand hindeutet; besonders an den Ufern des Ganges blühten nach der Tradition jene Reiche mehrere Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung, und die Berichte einiger Griechen, die sanskritschen Heldengedichte und hauptsächlich die grossen und schönen Ruinen mehrerer sanskritschen Städte, bestätigten diese Traditionen.

Wenn aber die Geschichte nur die Namen von Taxila, Porus und Sandrakottas der Vergessenheit entrissen hat, so hebt doch die indische Eupopee, welche die Namen so vieler Fürsten aufbewahrt und ihr Leben poetisirte, das Oberhaupt eines Reiches hervor, das sich sehr weit über die beiden Ufer des Ganges erstreckte. Die Regierung des Wikramaditya ist in den Puranas berühmt; es umgab sich dieser berühmte Krieger mit Weisen und Gelehrten, d. h. mit Brahminen, und die Priesterschaft unterstützte eine Macht, welche auch die der letztern anerkannte. Die Epoche des Wikramaditya erstreckte sich his zum Jahre 950, die des Königs Sacca, seines Nachfolgers, dauerte bis zum 16. Jahrhundert.

Die Zivilisation folgte also in Indien einem langsamen, regelmässigen und lange Zeit progressiven Gange; aus den in den Alpenthälern des Hymalaya gelegenen Tempeln von Wischnu und Krischna hervorgegangen, zog sie sich bis zu den fernen Küsten des Ozeans hinab, überall die unauslöschbaren Spuren

ihres Weges und ihrer Rastörter zurücklassend. Die ältesten Monumente dieser Zivilisation sind zweierlei Art: die einen sind in den Felsen gehauene oder über der Oberfläche des Bodens mit grosser Pracht errichtete Sanktuarien; die andern sind poetische Werke und religiöse Traditionen, die in denselben Heiligthümern niedergelegt wurden. Die ersteren hauptsächlich ergänzen das Stillschweigen der Geschichte durch ihre Grossartigkeit, ihren Reichthum und ihr Alterthum; die indische Architektur liefert dem, der sie und ihre Fortschritte und ihren Charakter studirt, reichliche Belehrung.

Die Grotten von Elephantine, Salsette und Ellora bezeugen die alte Macht der Brahminen. In jenen grossmächtigen Höhlen findet man eine in ihren langen Linien ernste und in den Details reiche und anziehende Architektur; die Kunst zeigt sich hier schon mächtig, mannigfaltig und verschwenderisch, sie wählte vorzugsweise kühle und schattenreiche Plätze und meisselte die Wohnung des Gottes in unzerstörbaren Massen; das Sanktuarium wurde in mysteriöse Schatten gestellt; für das Volk wurden Portiken errichtet, die Wohnungen der Brahminen wurden verschönert, für die Reinigungen wurden Reservoirs ausgehauen und mit klarem Wasser gefüllt, für den Handel Bazars eröffnet, und für die Büssenden wurden Sühnaltäre errichtet. Damit sich die Kunst zu dieser Höhe erhebe, ist vor allen Dingen Zeit erforderlich, und nichts beweist besser das hohe Alterthum der indischen Nation, als die riesigen Monumente von Elephantine, Salsette und Ellora.

Wenn das Bestehen und ein aufmerksames Studium dieser Monumente bis zu einem gewissen Punkte die Wahrheit der religiösen Traditionen bestätigen, so gewinnen die sanskritschen Heldengedichte für uns eine besondere Wichtigkeit, doch vermögen wir hier keine Analyse derselben zu geben, und nur jenes literarische Denkmal wollen wir erwähnen, welches mit der politischen Existenz des indischen Volkes inniger als jedes andere verbunden ist, nämlich das Gesetzbuch des Menu oder Manu. Die Gesetze, woraus es besteht, sind religiöser, politischer, bürgerlicher und krimineller Art und es wird nach ihnen das Volk in vier Klassen oder Kasten eingetheilt:

1. Brahminen, bestehend aus Priestern, Doktoren und Gelehrten;

2. Krieger oder Ketris, welche Menu Kschatriaya neunt;

3. Waisjas, wozu die Gewerbtreibenden, Kaufleute und Landwirthe gehören;

4. Sudras.

Die bei ihren Untersuchungen, ohne Zweifel durch Megasthenes, irre geführten Griechen nahmen sieben Kasten an.

Der äussere Handel war sehr ausgedehnt und dem Binnenhandel waren keine Fesseln angelegt; beide wurden durch besondere Gesetze beschützt, die schon in der ältesten Zeit ertheilt wurden.

Die Strassen waren unter den Schutz der Götter gestellt worden; sie erleichterten den Verkehr nach den grossen Stapelplätzen, wo Märkte und Messen für den Absatz und den Tauschhandel stattfanden. Einige von diesen Stapelplätzen waren mächtige Städte, andere waren nur lange Galerien oder einfache Schuppen, die man in der Nähe der Sanktuarien aufgeschlagen hatte, welche zu gewissen Zeiten von der Volksmenge besucht wurden. Der Handelsmann konnte als Pilger einen gewissen Akt der Frömmigkeit erfüllen, ohne desshalb seine Handelsinteressen zu vernachlässigen. Die Stätten für diese grossen Märkte waren gut gewählt, und die Brahminen übten dort eine so gute Polizei aus, dass ungeachtet der Bürgerkriege und der politischen Bewegungen, welche die Halbinsel so oft verwüsteten, mehrere dieser Stapelplätze noch bestehen und Anziehungspunkte für die Menge sind.

Arrian macht uns mit dreien dieser grossen Stapelplätze bekannt, nämlich Ozene im Norden von Indien, Tagara und Pluthana im heutigen Dekan. Die erste war eine heilige Stadt, heisst jetzt Oudschin und ist die Hauptstadt eines Mahrattenstaates; Tagara ist Deogar in den Umgebungen von Ellora; dieses Sanktuarium, das in den sanskritschen Heldengedichten so berühmt ist, war zu Arrians Zeiten eine grosse Stadt geworden; Pluthana, dessen genaue Lage unbekannt ist, lag in der hohen Thalkette, ohne Zweifel in einem der seltenen Uebergangspunkte dieses Gebirges. Ausserdem nennt uns die Geschichte noch einige andere Stapelplätze: Palibothra, Kanoga und Taxila, von denen schon die Rede war, Horate und Ubere, wo nach Plinius und Strabo grosse Reichthümer aufgehäuft waren.

Die längste Handelslinie begann bei Taxila am Indus und endete durch Lahore ziehend bei Palibothra am Ganges. Major Rennel beschreibt die beiläufig 300 englische Meilen lange mit Bäumen bepflanzte Chaussée, welche von Lahore nach Agra führte. Auch die Schifffahrt auf dem Indus und Ganges bot dem Handel bedeutende Beförderungsmittel; Patola, wahrscheinlich das jetzige Hyderabad, war die Hauptniederlage am Indus, am Scheitel des Delta. Der Hafen von Kalliena oder das jetzige Gallian bei Bombay war die nothwendige Station für die Pilger des Nordens, die nach den Sanktuarien von Salsette und Elephantine wanderten. Mawalipuram, eine merkwürdige, vor allen aber die heilige Stadt, lag an der Küste von Koromandel und war der Zentralstapelplatz für die Produkte Indiens, die zum Tauschhandel mit den aus dem Orient kommenden Erzeugnissen dienten und war später für die Römer und Araber ein Emporium.

Andere Handelslinien gingen vom Ganges aus gegen Unga und Yamala durch die Länder der Gangariden. Der Handel Indiens besass also seine bequemen und oft prachtvollen Strassen, Häfen, die dem Fremden stets offen standen, unversiegbare Flüsse zur Annäherung der Völker und der grossen Städte; überall beschützten die Sanktuarien die jährlichen Märkte oder die permanenten Niederlagen; einfache Gesetze und eine wachsame Polizei sorgten für die gute Ordnung und die Sicherheit des Tauschhandels.

Es ist also vorauszusetzen, dass bei dem Bestehen einer reichen und mannigfaltigen Literatur, einer poetischen Religion und grosser mit Handelswaaren überfüllten Städte der Luxus, d. h. der mehr oder minder übertriebene Genuss der Güter der Erde und der Erzeugnisse der menschlichen Industrie vorherrschend war. Auch wird dies durch das grosse Heldengedicht Ramayan bestätigt. Ayodhya, eine etwas fabelhafte Stadt, war von dem Könige Manu an dem Flusse Suruja (Gangra), einem der Nebenflüsse des Ganges, gegründet worden und war die Hauptstadt eines grossen Reiches. Das Gedicht drückt sich folgendermassen darüber aus:

„Ihre Strassen waren gerade und gut bewässert, die Tempel und Paläste glänzten von Reichthümern; die Kuppeln erhoben sich wie Gebirge; die öffentlichen Bäder und die Gärten wurden von dem Mangobaume beschattet; Kaufleute aller Art, eine Menge von Wagen, Elephanten, Pferden und Tänzern erfüllten die Strassen, die Luft war mit Wohlgerüchen erfüllt von den Dämpfen des Weihrauch und dem Duft der Blumen; die Bevölkerung bestand aus Regenerirten (die drei ersten Kasten), und jeder Bewohner trug eine reichliche Menge von Geschmeide und Edelsteinen."

So übertrieben diese Schilderung, die wir haben abkürzen müssen, auch sein mag, so malt der Dichter doch nichts anderes als was er kennt; er hatte Reichthümer, Paläste, Kuppeln, öffentliche Feste, blühende Städte und Bevölkerungen in grossem Luxus gesehen, und indem er dies alles besingt, sammelt er alle seine Erinnerungen. Die alte Stadt Ayodhya, deren Gründung in die Epoche von 1500 bis 2000 vor der christlichen Zeitrechnung fällt, liefert uns ohne Zweifel den Beweis einer hohen Entwicklung des gesellschaftlichen Lebens in dem Gangesthale. Die sanskritsche Epopée legt freilich einen fabelhaften Schleier über diese Stadt, ohne aber ihre Existenz bezweifeln zu lassen; wir finden übrigens ihre Reichthümer und ihre Monumente auch in andern sanskritschen Städten.

Die indische Architektur, die Tochter der Religion, ist ihrem Ursprunge stets getreu geblieben. Die Halbinsel ist noch jetzt mit Monumenten bedeckt, deren Grossartigkeit, Reichthum und Alter die Aufmerksamkeit der Gelehrten und Künstler fesseln. Diese Architektur scheint drei sehr verschiedenen Perioden anzugehören; die erste ist die der unterirdischen Tempel, die zweite der über den Felsen sich erhebenden Tempel, und die dritte aller Hochbauten mit ihren riesenhaften Massen.

Bei ihrem Anfange grub die sanskritsche Architektur mit grossem Kostenaufwande geräumige und schöne unterirdische Grotten aus, und ihre ersten Versuche zeugen von eben so viel Beharrlichkeit als Talent. Auf Elephanta bei Bombay musste der Porphyr den mühevollen und intelligenten Anstrengungen der Arbeiter weichen, und Siwa besass einen unvergänglichen Tempel, dessen Wände prachtvoll skulptirt und mit allegorischen Basreliefs bedeckt waren, in welchen man eine ganze Mythologie der grossen sanskritschen Heldengedichte dargestellt sieht, die in eine neue Kunst übersetzt und unter neuen Formen aufgeführt ist, welche noch jetzt selbst den Panditen als ein Räthsel erscheinen. Muss man hierin nicht die evidenteste Bestätigung des hohen Alterthums dieses Monuments erblicken?

Der Kultus des Siwa gibt die historische Epoche der Gründung von Elephanta an; die Sekte des Krischna wich zurück, um die Zeit abzuwarten, wo die Herrschaft an sie kommen würde.

Auf Salsette, der benachbarten Insel von Elephanta, sind die unterirdischen Grotten geräumiger und zahlreicher; sie sind in die Granitabhänge des Berges Keneri eingehauen, und die vielen sanskritschen Inschriften, die zwischen den Basreliefs zerstreut sind, können meistens alle nicht gelesen werden.

Carli, zwischen Bombai und Puna gelegen, hat minder geräumige, unterirdische Tempel, die aber in Bezug auf die Vollendung der Arbeit höhern Werth haben als die von Salsette; sie waren Buddha geweiht und stammen unstreitig aus einer denkwürdigen, aber unbestimmten Epoche, wo die Sekte der Buddhaisten, die Rivalin der des Siwa, einen Kampf begonnen hatte, welcher für sie auf klägliche Weise endete.

Im östlichen Dekan, südlich von Benares, fand der buddhaistische Chinese, welcher im 5. Jahrhundert reiste, einen fünf Etagen hohen in den Felsen gehauenen Tempel, den man Parawatta oder Kloster der Taube nannte. In der untern Etage befanden sich 500, in der zweiten 400, in der dritten 300, in der vierten 200 und in der fünften 100, in allen zusammen also 1500 Kammern, die von eben so vielen Mönchen bewohnt waren. Das Wasser des am höchsten Punkt des Klosters angebrachten Reservoirs fiel von Etage zu Etage hinab und floss durch das grosse Eingangsthor ins Freie.

Auf der Insel Ceylon findet man noch unterirdische in den Felsen gehauene Tempel mit einfacher und grossartiger Architektur, künstlichen Basreliefs und einer verschwenderischen Zusammenhäufung von Statuen, woran man die Kunst in bizarren, mysteriösen und allegorischen Formen erblickt. So ist es bei Kinnery, so bei Domhulu, so wie auch in den Regionen, die von den Dschengles erobert wurden, und welche die Alten kultivirt hatten. Die Künstler, welche die Felsen bearbeiteten und den Gipfel des Adampiks zu Ehren des Buddha formten, lebten in einer Epoche, die in die ersten historischen Zeiten fällt.

Von allen unterirdischen Tempeln Indiens aber waren die grössten und prachtvollsten die von Ellora in der hohen Ghatkette und in der Nähe von Deogur oder Dewaguiri. In einem grossen Amphitheater von Granitfelsen findet man tief eingehauen auf einer Länge von mehr als 2 Lieues eine Menge von Tempeln, manchmal zwei bis drei Etagen hoch, bald einzeln, bald in einer grossen Anzahl von Grotten vereinigt. Diese immensen Höhlen mit den ihre Wände bedeckenden Basreliefs und Inschriften, den die Gewölbe tragenden Pfeilern, den Peristylen, Treppen, Brücken, Obelisken und Statuen können unmöglich das Werk einer einzigen Generation sein; ein so kolossales Monument muss das Resultat eines beharrlichen Proselytismus, einer volksthümlich gewordenen Kunst sein; es gehört ohne Zweifel jener unbekannten Epoche an, wo der Kultus des Siwa der herrschende war.

Von allen Tempeln von Ellora ist der herrlichste der von Kailassa; nirgends hat die Architektur einen solchen Ausdruck von Grossartigkeit und Pracht. Was dieses Monument in künstlerischer Beziehnng charakterisirt, ist der Umstand, dass sich das Souterrain in einem Theile etwas über den Boden erhebt und dass ein anderer vor den Granitfelsen eine schöne Dekoration zeigt. Kailassa gehört also wegen einiger seiner Theile zur zweiten Periode der Kunst, und dennoch setzt ihn die hindusche Chronologie in eine Zeit von mehr als 7000 Jahre vor der christlichen Zeitrechnung. Sicherer anzunehmen ist, dass die Grotten von Ellora jünger sind als die von Elephanta und Salsette, denn sie zeigen nicht wie diese Spuren von dem Buddhakultus, woraus man vermuthen könnte, dass damals, als die Tempel von Ellora ausgeführt wurden, der Buddhaismus im östlichen Indien bereits ausgestossen war; ausserdem hat die sanskritsche Mythologie den Gegenstand zu mehreren reich skulptirten Darstellnngen an den Wänden dieser Tempel geliefert; sie müssen also jünger sein als der Ramayan und der Mahahbarat (ebenfalls ein Heldengedicht).

Die schönen Ruinen von Mawalipuram gehören noch der zweiten Periode der indischen Architektur an; sie verkünden eine Königsstadt mit Tempeln, öffentlichen Monumenten, beinahe alle in Felsen ausgearbeitet; sie erstrecken sich weiter als vier Lieues in das Innere des Landes hinein. In den Tempeln bezieht sich alles auf den Kultus des Siwa und Krischna; die Mythe des letztern ist dem Mahahbarat entlehnt. Nach der sanskritschen Chronologie fallen die bürgerlichen Bauten und die schönen Höhlen von Mawali-

puram in die mythologischen Zeiten; wenigstens beweist diese Tradition das Alterthnm der Monumente, obgleich der Kultus des Wischnu nnd der Mangel jeder Spur von Buddhaismus sie in eine Epoche nach derjenigen setzt, in welcher die Grotten von Ellora angelegt wurden.

Die priesterliche Architektur verliess endlich die unterirdischen Stätten und änderte ihren Charakter; anfänglich wurde sie pyramidal, welche architektonische Form die grossen Pagoden von Deogur, Tanjore, der Insel Ramiseram, in der Meerenge von Ceylon, Madure, Schalambron bei Pondichery, Mawalipuram an der Küste von Madras und Dschagarnat am Ende von Koromandel charakterisirt. Diese kolossalen Massen sind bedeckt mit Basreliefs, Skulpturen, Statuen und reichen nnd mannigfaltigen Ornamenten, und gehören jener Kunstperiode an, welche, ohgleich sie die minder älteste ist, dennoch in eine sehr ferne Epoche hinaufreicht. Die Pagoden von Ramiseram werden schon in dem Kampfe des Rama gegen Rayana, der in dem Ramayan so poetisch geschildert ist, erwähnt. Die Pagodo von Dschagarnat, ein Zuname des Krischna, wird als ein sehr altes Sanktuarium betrachtet; die von Schalamhron datirt nach den Brahmanen erst aus dem Jahre 100 des Kali-Yug, d. h. aus dem Jahre 617 vor Chr.

Lange Zeit nachher wurden die Pagoden mit Tschultris oder Portiken nmgeben, nnter denen sich die Pilger aufhielten. In jener den historischen Zeiten sehr nahen Epoche war es den Indiern nothwendig, dass die des Handels oder der Frömmigkeit wegen herbeigeeilten Reisenden in den Sanktuarien einen Schntz gegen die Sonne, einen Ruheplatz nach langwierigen Märschen und endlich Magazine fanden, um dort ihre Handelswaaren zu hinterlegen und zu vertauschen.

Ohne Zweifel waren alle diese Monumente wie alle diejenigen in Indien, zu deren Errichtung es einer geschickten Hand nnd eines bevorzugten Geistes bedurfte, die Werke der herrschenden Kasten; bald waren es die Bnddhaisten, als sie noch mit mehr Muth als Erfolg gegen die Anhänger Brahma's kämpften, bald die Brahmanen, welche in den ausgehöhlten Gebirgen die poetische Religion versteckten, deren glänzendsten Ausdrücke Siwa oder Mahadewa und Krischna waren. Seit dem Triumph dieser letztern hat sich Theben im Nilsande vergraben, die Magier wurden zerstreut, das jüdische Volk hat die Stadt des Salomon verlassen, die griechische Mythologie ist in der Sklaverei erloschen, das Schwert Mahomets hat alle orientalischen Sekten anfs Haupt geschlagen, das Christenthum hat einen neuen nnd mächtigen Kampf vollhracht, der Brahmismns aber steht noch aufrecht nnd die Tschultris von Somnaut, Dschagarnat nnd Badrinath sind periodisch mit Pilgern erfüllt.

Die bürgerliche Baukunst war nnter den Mongolen schön nnd erhaben, seit jener Zeit entzieht sie sich unseren Betrachtungen.

Wenn Indien bei seiner Absonderung von fremden Nationen uns eben so mächtig und als wohl konstituirt erscheint, wenn sich seine Gesetze, seine Institutionen, seine Kasten, seine hürgerliche Verwaltung und seine Religion in einer reichen Literatur abspiegeln, wenn der menschliche Geist sich zu den mannigfaltigsten Konzeptionen des Verstandes erhob, und wenn die Kunst, indem sie diesen Konzeptionen die grossartigsten Formen vorlieh, solche unsterhlich machte, wenn endlich alles dahin gowirkt hat, der Zivilisation von Indien einen gereiften Charakter von Stärke und Dauerhaftigkeit zn goben, so hat man alles diess dem Ackerhau zu verdanken. Wie kann man in grossen Staaten so viele kleine Staaten, jene immense, thätige jedoch nntergeordnete Bevölkerung, alle diese in den Städten nnd Sanktuarien aufgehäuften Reichthümer, so viel Luxus und Pracht an den öffentlichen Monumenten, so viel Verschwendung und Prunk bei den Nationalfesten, nnd überall jenen hohen Grad der Zivilisation, der das Familienleben süss nnd bequem machte, das öffentliche Leben edel und glänzend gestaltete, wie kann man diess alles sich erklären ohne eine vervollkommnete und unermüdliche Industrie, ohne eine nnermessliche Produktion, ohne die beständige Unterstützung des Bodens?

Und in der That erscheint der Ackerbau in Indien unter einem imposanten Anhlick und alles deutet auf das Alterthnm desselben hin, trotz der Dunkelheit der Annalen und der volksthümlichen Traditionen. Die Gesetze des Menn verordnen den Vorständen oder Gouverneuren der Städte nnd der Provinzen folgende Besoldnngen: Dem Vorstande einer Stadt das Naturalprodukt einer geringen Kontrihution, die auf Gegenstände der Konsumtion gelegt ist; dem Vorstande von

zehn Städten das Naturalprodukt von zwei Morgen Landes oder eines Kula nach dem Uebersetzer des Menu; dem Vorstande von zwanzig Städten das Erträgniss von fünf Kula's; dem Vorstande von 100 Städten das Produkt von einem Grama oder einer Gemeinde; dem Vorstand von 1000 Städten das Erträgniss einer Pura oder Stadt.

Welche Grösse hat nun dieser Kula oder indische Morgen? Die Kommentatoren des Menu sagen, dass es ein Stück Land ist, das mit einem von sechs Ochsen bespannten Pflug in einem Tage bearbeitet werden kann. Der Gebrauch des Pfluges hat also in Indien einen sehr alten Ursprung, und seit mehr als 3000 Jahren hat sich dort die Form desselben nicht verändert; sie ist dieselbe, wie wir sie in den ägyptischen Basreliefs finden.

Unter dem indischen Klima aber, wo es selten regnet und die Hitze ausserordentlich ist, kann man nicht annehmen, dass ein blühender und ausgedehnter Landbau ohne Bewässerung existiren konnte und dass zu diesem Behuf Kanäle angelegt werden mussten; auch lernt man aus dem Ramayan, dass solche sehr alten Ursprunges sind. Bei der Beschreibung der Vorbereitungen zu der Reise des Rama sagt der Dichter: „Brücken wurden erbaut, Felsen durchschnitten, Kanäle wurden angelegt und Brunnen gegraben, die Strassen wurden mit Bäumen und Blumen eingefasst.“ Als Rama seinen Einzug in Ayodhiya, der Hauptstadt der Staaten von Dasharathra, seines Vaters hielt, fand er die Strassen bewässert, besandet und von Gebüschen eingefasst. Ayodhiya, die durch ihre Legende fabelhafte, aber durch ihre Reichthümer und ihre antike Zivilisation berühmte Stadt, wird mit dem Redepomp des Ramayan beschrieben, und es heisst unter andern, dass „diese Stadt von Menu, dem ersten Souverain, der über die Menschen regierte, gegründet wurde. Ihre Strassen und Alleen waren wunderbar angelegt und reichlich bewässert.“

Damit aber Wasser in einer Stadt zirkuliren kann, muss es durch Aquädukte und Kanäle dahin geführt werden; niemals aber hat man zu diesem Zweck in irgend einer Stadt des Orients Ableitungen von dem zum Landbau erforderlichen Wasser vorgenommen. Wenn von wohlbewässerten Strassen in den Städten die Rede ist, so setzt dies voraus, dass auf den Feldern ein Ueberfluss von Wasser vorhanden ist, von dem man das Bedürfniss für die Städte ohne Benachtheiligung des Ackerbaues befriedigen kann.

Die Vertheilung des Wassers unter die Bewässernden war ein Gegenstand der Gesetzgebung. In dem Kodex des Menu wird unter den Notabeln des Ortes auch der Vertheiler des Wassers für die Bewässerung genannt; der Ortswächter und Feldhüter gehörten auch zu diesen Notabeln. Die sanskrit'sche Inschrift von Munghir, die in Bengalen so vortrefflich erhalten ist, spricht von 30 höhern Beamten eines Ortes und darunter von dem Oberintendanten des Ackerbaues, d. h. von dem Verwalter der Bewässerungskanäle.

Die Bewässerung wurde nicht immer durch Kanäle bewirkt, welche das Wasser aus einem benachbarten Flusse herbeiführten. Jede Pagode hatte ein Reservoir, das behufs der Reinigungen mit Wasser gefüllt war; wenn aber die Anforderungen des Kultus erfüllt waren, so gab man den Ueberfluss im Allgemeinen an den Landbau ab. Die Brahminen zogen wahrscheinlich guten Nutzen aus diesen Konzessionen. Das Bestehen dieser Reservoirs oder künstlichen Teiche war unzertrennbar von einer ausgedehnten und produktiven Kultur; es gab deren in allen Theilen Indiens eine unendliche Menge; es giht solche, welche einen Umfang bis zu zwei Lieues haben; die grössten sind im Allgemeinen ein Geschenk und manchmal eine Spekulation des Fürsten; unter den übrigen findet man solche, welche auf Kosten einer Gesellschaft von Landwirthen, einer Gemeinde, einer Stadt oder einer Provinz gegraben wurden; die grösste Anzahl wird frommen Stiftungen zugeschrieben. Menu empfiehlt die Barmherzigkeit, nämlich Teiche graben zu lassen; er verbietet es dem Könige die Wasseranlagen seines Feindes zu zerstören; er bestraft denjenigen nachdrücklich, welcher das Wasser von einem Teich ableitet, und er befiehlt denjenigen zu ertränken, welcher einen Damm durchbricht und dadurch den Verlust des Wassers verursacht; endlich setzt er schwere Strafen für denjenigen fest, welcher Wasser stiehlt, welcher es verkauft und selbst für den, welcher es beschmutzt. Die sanskrit'schen Monumente von Salsette besassen eine grosse Anzahl von Wasserbehältern oder heiligen Teichen.

Das hohe Alter der Bewässerung ist demnach durch die sanskrit'schen Heldengedichte, durch das

Gesetzbuch des Menu und durch alles bestätigt, was von Wasserbauten auf dem indischen Kontinent übrig geblieben ist. Wenn noch einiger Zweifel in dieser Beziehung stattfinden, wenn poetische Fiktionen Vorbilder verdächtigen sollten, die den Dichter begeisterten und seinen Schilderungen einen so lebhaften und wahren Anstrich geben, wenn man endlich den antiken Ursprung der Gesetze Menu's bestreiten wollte, so bleibt uns noch ein letzter Anhaltspunkt übrig, den wir bei den griechischen Schriftstellern finden.

Diodor von Sicilien, welcher bekanntlich 70 Jahre vor Strabo schrieb, entwirft ein flüchtiges Gemälde von Indien, und es heisst daselbst: „Indien besitzt grosse Gebirge, bedeckt mit Bäumen, welche Früchte aller Art tragen, und weite fruchtbare Ebenen von ausserordentlicher Schönheit, die von einer grossen Anzahl von Flüssen durchschnitten sind; der beinahe überall bewässerte Boden gibt daher jedes Jahr eine doppelte Ernte."

Es kann in dieser Stelle nicht bloss der Pendschab gemeint sein. Seit der Forschung des Skylax von Karpatyra jenseits des Indus und besonders seit dem Feldzuge Alexanders und seit den Versuchen des Seleukos Nikator jenseits des Hyphasis hatte man einige Nachrichten über das Gangesthal und im Allgemeinen über die unermessliche Gegend südlich des Indus gesammelt. Welches waren nun die Grenzen dieser Kenntnisse? Gelehrte haben es versucht sie festzustellen; alles aber liefert den Beweis, dass sie beschränkt waren, uns jedoch zum Theil das Geheimniss der landwirthschaftlichen Reichthümer und der sozialen Organisation der alten Indier enthüllen. Diodor hatte die von den Persern gemachten Entdeckungen und die Berichte der Gefährten Alexanders so wie einiger griechischen Reisenden benutzt. Er fährt folgendermassen fort:

„Ausser den gewöhnlichen Getreidepflanzen gedeiht die Hirse in Indien und wird auf Feldern angebaut, die durch Kanäle bewässert werden, welche von den Flüssen abgeleitet sind; auch erzeugt man dort eine grosse Menge vortrefflicher Gemüse... Mehrere Gewohnheiten, welche Gesetzeskraft haben, tragen dazu bei, dass der Hungersnoth in Indien vorgebeugt wird. Während bei anderen Völkern der Soldat die feindlichen Felder verwüstet und sie untauglich zur Bearbeitung macht, wird bei den Indiern der Ackersmann als unverletzlich und heilig gehalten und er kann selbst im Angesichte der feindlichen Armee seine Arbeit ungestört und ungefährdet fortsetzen.. Ausser den Hauptströmen (Ganges und Indus) wird der Boden Indiens nach allen Richtungen von einer grossen Anzahl anderer Flüsse durchschnitten, deren Inhalt eine lange Reihe von Gärten bewässert und die Ländereien befruchtet, welche eine unermessliche Menge von Produkten hervorbringen etc. . . ."

Den Ursprung dieser reichen Erzeugnisse des Ackerbaues sucht Diodor vergeblich in den mythologischen Legenden des Bakchos und Herkules. Während er aber bei seinen Untersuchungen auf Abwege geräth, liefert er uns werthvolle Nachrichten; so erräth er zum Theil das Geheimniss des Wohlstandes Indiens, indem er berichtet, dass die demokratische Regierung durch die Gemeinde in dem Lande tiefe Wurzel gefasst habe, und dass nach dem Gesetze jeder Indier frei sei. Noch einen Schritt vorwärts und er hätte diese Freiheit in ihrer Wirkung und in ihren Grenzen erklärt; er hätte hauptsächlich gesehen, dass die Bewässerung, von den Fesseln der Staatsverwaltung befreit, geschützt durch das Gesetz und aufgemuntert von den Fürsten, Indien bereicherte und seinem Geschick einen festen Halt gab.

Es ist bekannt, dass die Ortschaften in der That nichts anderes als sehr kleine Republiken waren, die freilich von einer Zentralmacht abhingen, der sie einen Tribut zu zahlen hatten; sie waren frei in der Verwaltung ihrer Interessen und gehorchten nur den vom Volke erwählten Oberhäuptern. Da die Erzeugnisse des Bodens für alle ausreichten, so konnte sich nicht jene mühselige Klasse bilden, welche durch die Arbeit erdrückt und durch die Noth oft zum Aufstande und noch öfter zur Knechtschaft geführt wird. Wegen seiner Fruchtbarkeit, wegen seiner ausserordentlichen Vertheilung hatte der indische Boden denjenigen die Freiheit gegeben, welche ihn bebauten, oder hatte sie wenigstens befestigt. Die Gesetze Menu's haben uns hievon unterrichtet, und wir finden die Bestätigung bei Diodor, denn ihm zufolge bildeten die Landbauer die zweite Kaste; auch waren sie vom Militairdienst und von jeder andern politischen Funktion befreit; geschützt vor den Kämpfen und Verwüstungen bewohnten sie die Felder und waren unaufhörlich mit nützlichen und Vortheil bringenden Arbeiten beschäftigt.

An das Zeugniss Diodors schliesst sich das des Strabo an, welcher im Anfange unserer Zeitrechnung schrieb. Dieser berühmte Geograph nahm in seinem grossen Werke die Schriften und die Traditionen des Orients auf, wo er geboren war. Leider war die Geographie zu seiner Zeit noch zu sehr in allem zurück, was die östlichen Länder Asiens betrifft, und erst mit Ptolomäos rückte sie einen Schritt weiter vor. Indessen spricht Strabo von den hauptsächlichsten Ackerbauprodukten Indiens und namentlich erwähnt er Flachs, Hirse, Sesam, Reis, Weizen, Gerste und viele Gemüse und Früchte, welche der Mensch zu seiner Ernährung gebraucht. Diese Produkte erzeugt auch das moderne Indien, doch liefert sie der Boden nur mit beständiger Hülfe der Bewässerungskanäle. Die Nationen wechseln, verschwinden oder erleiden Veränderungen, die Klimate aber sind beständig, und die Bewässerung war und wird immer sein eine der Nothwendigkeiten des hindostanischen Bodens.

Die Bewässerungen waren so ausgedehnt und die Bevölkerungen so bedeutend an den Ufern des Indus, dass eine ausserordentliche Ueberschwemmung mehr als 1000 Städte mit ihren Marktflecken unter Wasser setzte und sie zerstörte. Wenn in dem Berichte Strabo's eine Uebertreibung liegt, so liefert sie wenigstens den Beweis, dass die Alten eine sehr richtige Meinung von der Wichtigkeit der Bewässerungen und dem Ackerbau Indiens hatten.

Im weiteren Verlaufe bestätigt Strabo die Tradition, dass das jenseits des Hypanis gelegene Land sehr fruchtbar sei, und wie Diodor räumt er der Kaste der Landbebauer den zweiten Rang in der sozialen Hierarchie ein. Es kommt noch eine andere Stelle bei Strabo vor, welche die Bewässerungen Indiens betrifft; er sagt nämlich: „Die ersten obrigkeitlichen Personen haben die Aufsicht über die Flüsse, die Vermessung der Ländereien und über die Kanäle, welche durch Schleusen geschlossen sind, um das zu den Bewässerungen erforderliche Wasser zu bewahren und es gleichmässig an alle Landwirthe zu vertheilen, wie es in Aegypten geschieht."

Es lassen sich noch andere alte Autoren anführen, welche über die Bewässerung Indiens reden und dieselbe für die Grundlage des Wohlstandes Indiens halten; da wir aber befürchten müssen die Beweisführung über die Bewässerung des alten Indiens schon zu weit ausgedehnt zu haben, so gehen wir zu dem eigentlichen Gegenstande dieser Mittheilung, der Darstellung des Gangeskanals und der Bewässerung der am Ganges und am Dschamnah gelegenen Ländereien über.

B e w ä s s e r u n g e n i n d e n o b e r n T h ä l e r n d e s G a n g e s u n d d e s D s c h a m n a h. — D i e Q u e l l e n d e s G a n g e s befinden sich in Guerwal an dem nördlichen Abhange des Himalaya und südlich des kleinen Thibet. Er entsteht durch die Verbindung zweier bedeutender Flüsse, den Bhaghirati und den Alakananda oder Dauli, welche von den Gletschern herabströmen, die in den Thälern liegen, welche vom Schnee verstopft sind und gegen Thibet hin keinen Ausgang haben.

Nächst den Quellen des Bhaghirati findet man ein von den Hindus verehrtes Sanktuarium; die Beschwerden des Hinaufsteigens erhöhen das Verdienst der Pilgerfahrt, welche allen Anhängern des Mahadewa vorgeschrieben ist. Gangautri hat wie in allen Sanktuarien des Brahma und seiner zahlreichen Menschwerdungen in seiner Nähe Bassins oder „Counds" zur Reinigung der Pilger; das Bassin von Ganricound ist ein grosser Teich, und in ihm badet man sich zuerst. Die reichliche Wassermasse fliesst von ihm ohne Vortheil für den Ackerbau ab, denn in dieser kalten und unbewohnten Region werden keine Ländereien kultivirt.

Nachdem der Bhaghirati kaum die Gletscher und Schneemassen verlassen, welche die Hochthäler von Gangautri sperren, stürzt sein Wasser rauschend und schäumend über die sich ihm in den Weg legenden Felsblöcke und behält seinen ungestümen Lauf bis zur Verbindung mit dem Alakananda bei, welcher eine stärkere Wassermasse führt, jedoch kein so rapides Gefälle hat.

Von Gangantri bis zu dem vier Tagereisen entfernten Dorfe Batheri wird das Land unaufhörlich geschnitten von steilen Kämmen und Abgründen, welche von Gletschern beherrscht werden; dem Landwirth fehlt es noch an Wärme und Raum. In Batheri gibt es nur Diener des Sanktuariums und Pilger, welche der Handel dort einige Zeit zurückhält. Am Ausgange des Dorfes erweitert sich das Thal und verliert allmählig seine imposanten Formen; an seiner Stelle erscheinen kleine Thäler und kleine Becken, welche mit Sorgfalt kultivirt sind. In diesen von der Strasse entfernten Niederungen, in diesen von dem

Pilger durchzogenen Becken findet man durch Felsen geschützte Weiler, welche von fleissigen, gastfreundlichen und ihren heimatlichen Boden liebenden Ackerbauern bewohnt werden.

Barabat ist der Hauptort des Bezirks oder Perganah von Rovain; auch ist es der Markt von zwölf benachbarten Ortschaften, welche bei dem Erdbeben im Jahre 1803 zerstört wurden. Barabat liegt fünf Tagemärsche von dem Sanktuarium Dschamautri nächst der Quelle des Dschamnah entfernt.

Wenn man das unbebaute und tief eingeschnittene Territorium von Dschoswara verlässt, so findet man einige angebaute Distrikte bei den Orten Tschimali, Bohan-Dewi und einigen anderen Flecken. Bei Tschimali sind die Bewässerungen eingefasst von Eisbergen und schönen Wäldern, bei Bohan-Dewi sind die letzten Rampen als Terrassen eingeschnitten, die von den, von den Gletschern herabkommenden Kanälen bewässert werden; sie bilden ein weites Amphitheater, beherrscht von schönen Wäldern und wieder beherrschend das sehr eingeschnittene Bett des Bhagirati. In der Ferne erblickt man die schneebedeckten Spitzen des Himalaya, die sich weit hinausstreckend dem Auge verlieren. Einige Eisberge umgrenzen Guerwal auf eine erhabene Weise.

Bei Negal oder Nagan ist nach Johnston das Thal vollkommen bewässert; bei Phedi und an den Ufern des Aglaour werden die Gebirge bis zum Drittel ihrer Höhe angebaut; die Bewohner haben die Abhänge derselben eingeschnitten, um Terrassen von 5 bis 6 Fuss Höhe zu bilden. Das in den höher gelegenen Wäldern gesammelte Bewässerungswasser fällt über die Terrassen herab und verbreitet über dieselben eine Wasserschicht von etwa 3 Zoll Stärke mittels eines kleinen jede Terrasse begrenzenden Walles. Die Kultur in amphitheatralischer Form erfordert wohl mehr Kosten, hat aber dafür das Verdienst, ergiebiger zu sein. Das überflüssige Wasser des Distriktes von Nagan Ghad fliesst in den Bhagirati ab.

Der Gebirgsstock, dessen natürliche Grenzen der obere Theil des Bhagirati und des Dschamnah sind, bildet den Perghanah oder den Distrikt Dheun, der mit dem westlichen Theil des Guerwal zusammenhängt. Die Thäler dieses Distriktes sind im Allgemeinen gut angebaut und erzeugten jährlich für 100,000 Rupien Früchte.

Von Gourondenar bis Herdeuar ist die Gegend im Allgemeinen angebaut und bewässert; der merkwürdigste Theil aber ist das Thal von Deyrah, 70 Meilen lang, 11 bis 15 Meilen breit. Trotz des langen und strengen Winters bedeckt sich in den ersten Tagen des Frühlings die von zahlreichen Bewässerungskanälen durchschnittene Erde mit einer prachtvollen Vegetation. Schon im Jahre 1808 beschrieb Hearsay mit Bewunderung die Bosquets von Feigen und weissen Maulbeerbäumen dieses Thales. Der Anbau des Maulbeerbaumes setzt also die Seidenzucht, folglich intelligente und mannigfaltige Arbeiter voraus.

Die Stadt Devaprayaga am Zusammenfluss des Bhagirati und Alakananda wird von den Fremmen häufig besucht. Um dorthin zu gelangen, müssen sie den Fluss auf einer Seilbrücke übersetzen, die in einer bedeutenden Höhe aufgehängt ist. Diese Brücken sind in den höhern Regionen des Himalaya sehr zahlreich und legen Zeugniss ab von der Geschicklichkeit der Hindus in allen Fällen, wo sie durch die Bedürfnisse des Ackerbaues und des Handels hervorgerufen wird. Es gibt mehrere Arten solcher Brücken; die Djhoula sind immense Fussbrücken von Holz mit der Kühnheit und Leichtigkeit unserer Hängebrücken; die Sangha sind einfache Fussbrücken von tannenen Balken, die über die den Ueberschwemmungen ausgesetzten Flüsse gelegt werden; die Dindla oder Coulissenbrücken bestehen aus einem Kerbe, der an drei oder vier Seilen hin- und hergeschoben wird, die über den Fluss gespannt sind; die Toun bestehen bloss aus drei starken Seilen einige Fuss über dem Wasserspiegel hängend und an welche man sich hängt und mittels eines Reifens geschoben wird. Dieses Mittel, das durch seine Kühnheit erschreckend ist, erfordert eine Sicherheit und Gewandtheit, welche oft dem Pilger aus der Ebene mangeln; man verbindet ihm desshalb die Augen, knüpft ihn an den Reifen und zieht ihn durch ein anderes Seil nach dem andern Ufer hinüber.

Devaprayaga ist eine der fünf „Prayags" oder Stromvereine, die in den Schastras (Gesetzbüchern) erwähnt werden. Die Zivilisation drang also schon zeitlich in diese Alpenregionen ein und die ersten Stationen derselben waren stets Sanktuarien; der Ackerbau war immer im Gefolge der Missionäre von Brahma. Zu den schon angeführten bewässerten Territorien

fügen wir di 3 von Dschosoura, Pippali, Tinalgong und Bilhang hinzu.

Von seinem Ursprunge an hat der Ganges eine mittlere Breite von 240 Fuss; wenn aber der Schnee schmilzt, so ist seine Tiefe bedeutend und er tritt dann trotz seiner Ausdehnung über die Ufer, bedroht und führt auch häufig die Djhoulas oder Seilbrücken fort, welche mehr als 50 Fuss über dem gewöhnlichen Wasserstande hängen.

Es liegen zwei Städte an den Ufern des Alekananda, bevor er sich in die Schluchten von Karnaprayaga stürzt. Von den Kolonien der Brahmanen gegründet und zwar mehr aus politischem als religiösem Interesse haben sich diese Städte im Wohlstande erhalten und die eine derselben wurde die Hauptstadt eines bedeutenden Gouvernements. Indessen blieb Devaprayaga stets die heilige und die Handelsstadt, die Stadt der Brahmanen; sie besitzt verehrte Tempel und „Counds" oder in den Felsen gehauene Bassins. In der Nachbarschaft dieser Reservoirs wird das Land bewässert und ist sehr fruchtbar. Der Tempel des Ramakhandra ist pyramidal 60 bis 70 Fuss hoch; die Bildsäule des Ramakhandra ist in schwarzen Stein gehauen, mit schwarzem Gesicht, das unten roth bemalt ist. Am Fusse der Terrasse dieses Tempels steht eine Pagode Mahadeo's. In dem Fels, um den sich beide Ströme zusammenziehen, sind die drei Felsbassins zum entsühnenden Bade ausgehauen, um die Gefahr des Ertrinkens zu mindern. Die Stadt wird von Brahmanen verschiedener Sekten beherrscht, zu deren Unterhalt 25 Dörfer an 1000 bis 1200 Rupis beizutragen haben. Dabei treiben sie Handel mit Korn u. s. w. und sind die Gastgeber und Wirthe des Pilgerortes. Durch die Industrie einiger frommen Stifter wurden auf den von den Pilgern benutzten Strassen Quellen lebendigen Wassers mittels künstlicher Leitungen herbeigeführt; dass Wasser dieser Laufbrunnen und Tränken wird oft zur Bewässerung der anstossenden Ländereien benutzt.

Srinagara ist die zweite Stadt und der Hauptort eines Fürstenthums, welches durch den Krieg in die Hände des Fürsten Ghorkalis gekommen ist. An dem rechten Ufer des Alakananda und am Eingange eines Thales gelegen litt diese Stadt durch das Erdbeben im Jahre 1803 und durch die Invasion der Ghorkalis, welche kurze Zeit darauf stattfand.

Geht man am linken Ufer des Flusses und zwischen den Strebepfeilern hinauf, welche die Abhänge des Thales nach der Quere schneiden, so findet man kleine Thäler und kleine Ebenen, manchmal auch nur schmale Streifen von Ländereien, welche alle mit Reis und Gerste angebaut sind. Merkwürdig ist das Thal von Gotethar, aufwärts von Rodraprayaga, einer der fünf Prayags und durch seinen Reichthum und seine Weiden berühmt. Bei Karnaprayaga, dem dritten Prayag der heiligen Bücher, beginnt eine Reihe von Seitenthälern, wovon einige durch die Zuflüsse des Alakananda bewässert werden; die Reis- und Gerstenfelder und schöne Anpflanzungen von Sisus (Dalbergia siso) beleben die Landschaften. Bei Nandaprayaga, dem vierten Prayag, wird das Eindringen in das Land immer schwieriger; man befindet sich bereits in der Nähe vom Schneegebirge, gleichwohl bedecken noch die Reisfelder den Boden der Thäler und erheben sich wie von ungefähr über die ersten Rampen; sie dehnen sich bis Selour, jenseits der Ganial-Ganga aus und werden geschützt durch einen schönen Wald von Tannen und Eichen. Bei Sillany, ein dem Sanktuarium von Badrinath gehöriges Dorf, ist das Gebirge von seinem Fusse bis zum Gipfel angebaut. Djosimath ist das letzte ackerbautreibende Dorf in dieser hohen Region; es liegt in einem engen Thale, das gegen die Nordwinde geschützt ist; mehrere Mühlen benutzen das Wasser eines Gebirgsstromes, das später zur Bewässerung der Ländereien benutzt wird. —

Der Djamnah (die Jumna) hat eben so wie der Ganges seine Quellen am Fusse der Zentralgipfel des Himalaya. Von den Gletschern des Benderputsch ausgehend stürzt sich der Strom in ein enges Hochthal von mehr als 3000^{m}0 über der Meeresfläche gelegen. Das Sanktuarium von Dschamnautri, an der Grenze des ewigen Schnees, vermochte allein die Pilger und Kolonisten in solche rauhe und unfruchtbare Gegenden anzulocken.

Es verlieren sich eine Menge von Flüssen in den Djamnah (Dschemnah bei Ritter); in den Thälern und Schluchten von Sirmore hat der Ackerbau seine Anstrengungen erneuert, welche in den grossen Thälern von Bhagirati und Alakananda so plötzlich Fortschritte machten; aus den Berichten aber von Frazer, Hodgson, Johnston und Rodney erhellt, dass es der Beharrlichkeit der Hindus allein gelungen ist

hier und da einige Oasen zu erschaffen, welche sich in den unzugänglichsten Wüsten zu verlieren scheinen. Im ganzen Sirmore*) findet man viele Bestrebungen für den Landbau, jedoch nur mit geringem Erfolg; nur in jenen Gegenden, wo der durch seine Zuflüsse vergrösserte Dschamnah von den Abhängen des Himalaya herabfällt und dem Ganges zufliesst, hat die Kultur etwas Aufschwung genommen; dann aber öffnen sich breite Thäler und Thälchen, die mit einer mächtigen Vegetation bedeckt sind und nach allen Richtungen von Bewässerungskanälen durchschnitten werden.

Die gewöhnlichen Erzeugnisse von Sirmore sind Waizen, Gerste und Baumwolle; auch kultivirt man daselbst den trockenen Reis auf dem Gebirge und den gewöhnlichen Reis in den tieferen Gegenden, d. h. wenn man Wasser dahin leiten kann, was denn auch nach Rodney mit vieler Umsicht und oft über tief eingeschnittenen Thälern mittels rustiker Aquädukte stattfindet, die aus einem hohlen Baumstamm gebildet sind.

Bewässerungen des Dschamnahthales.— Der Dschamnah oder Dschemnah oder Jumna strömt aus den Schluchten von Sirmore hervor, durchschneidet eine weite und reiche Gegend, und vereinigt sich nach einem Laufe von 260 Lieues unter den Mauern von Allahahad mit dem Ganges; die ganze zwischen diesen beiden Flüssen enthaltene Gegend, von den letzten Hochebenen des Himalaya an, führt den Namen Douab oder Doah.

Der Douab ist eine der grössten und reichsten Provinzen Hindostans; seine reichen Ernten und seine schönen Kulturen liefern Massen von Produkten, welche durch den Handel über Hordouar (Hordwar) nach Guerwal und Kleintibet, so wie über Kalkutta nach fremden Ländern geführt werden. Die drei grossen Mittelpunkte der Produktion sind Delhi, Agra und Allahabad.

Delhi ist eine grosse Stadt, deren Ursprung in die fabelhaften Zeiten hinaufreicht; sie war stets die Residenz eines Monarchen. Sowohl in ihrem Wohlstande als in ihrem Verfalle war der Ackerbau stets die Hauptstütze dieser Stadt; blühend wurde sie unter den Rajahs, deren Namen von der Geschichte nur mit Rückhalt gesammelt worden sind. Damals war Inderput (Delhi) nach den Gedichten des Sanskrit ein Ort des Paradieses. Unter dem mächtigen Delu, zeitgenössischen Rajah von Alexander, war Delhi die Hauptstadt eines grossen Reiches; später achtete und schätzte die muselmännische Herrschaft ungeachtet ihrer Missbräuche und Beraubungen den Ackerbau. Im Jahre 1739 von Nadir Schah niedergebrannt, verlor Delhi in einigen Tagen eine Million Einwohner *). Damals konnte man glauben, dass der Krieg für immer eine der schönsten und ältesten Städte Indiens zerstört habe. Die Eroberung hatte an die Stelle der alten Macht eine neue gesetzt; eine fremde Armee hatte sich durch die Plünderung bereichert; der Schah von Persien hatte seinen Palast zu Ispahan mit dem Raube angefüllt, das Gold war verschwunden, die Paläste waren zerstört, die Stadt war wüste und zeigte in unermesslicher Ausdehnung nur Ruinen; ausserhalb hatten Schwert und Feuer alles vernichtet, und nur ein einziger Gegenstand war von den Siegern verschont oder vergessen worden, nämlich die Bewässerungskanäle. Mit ihrer Hülfe verschafften sich die Einwohner, welche so viel Missgeschicke erfahren, von der Erde anfänglich eine unsichere Existenz, bald aber die verlorenen Reichthümer wieder; aus den Ruinen sah man eine neue Stadt entstehen, die mit neuen Palästen und prachtvollen Tempeln geschmückt wurde, und bald nahm Delhi seinen Rang unter den grossen Städten Hindostans wieder ein.

Die Katastrophe von 1739 war nicht die einzige, welche die Existenz einer so alten, so schönen und so mächtigen Stadt bedroht hatte; in alten Zeiten beherrschte sie das westliche Ufer des Dschamnah, und es hatte damals ihr Umfang 20 Meilen oder beiläufig 7 Lieues. Sie wurde von Franklin besucht und beschrieben; hinter den zerstörten Wällen sah er die Ruinen einer grossen Anzahl von Palästen, schönen Häusern, grossen Gärten und Tempeln von kolossaler Ausdehnung. Diese ungeheuern Ruinen waren das Indraput des Ramayan, die Stadt der Götter, der fabelhafte Ort, dessen langer Wohlstand ein so unglückliches Ende nahm, dass es die Hindu's noch betrauern. Von dem Kaiser Schah-Djihan im Jahre 1632 nach dem entgegengesetzten Ufer verlegt, haben wir ge-

*) Eine sehr eingehende Darstellung des interessanten Alpenstaates Sirmore findet man im 3. Theil der Erdkunde von Ritter. S. 843—881.
Anmerkung der Redaktion.

*) Im Jahre 1660 hatte Delhi nach dem Major Rennel zwei Millionen Einwohner.

sehen, was ihm Schah-Nadir an einem Tage des Hasses und des Zornes vorbehielt, während Schah-Aalem und Akbar II. ihre Stirn vor einem englischen Residenten beugten. Bei dem Tode Akbar I., welcher das Jahr 1605 nach einer langen Regierung überlebte, wurde Delhi die Hauptstadt eines Reiches, welches 15 Souhabien oder Regierungen, 105 Sirkars oder Provinzen und 2737 Keshahs oder Distrikte zählte*).

Das von seinem Glanze herabgekommene Delhi ist nur noch der Schatten eines Reiches unter der Botmässigkeit einer Gesellschaft von Kaufleuten und enthält noch jetzt eine Bevölkerung von 200000 Seelen. Umsonst lastet die Hand der Zeit auf der Stadt der Götter und entstellt die Ruinen derselben; umsonst ist das Bestreben der von dem Westwinde vorwärts getriebenen Wüste sich des Terrains zu bemächtigen; es ist hier etwas Mächtigeres, etwas Dauernderes vorhanden als der Wind der Wüste, und dies ist die Beharrlichkeit der Hindu's im mühsamen Kampfe gegen die Unfruchtbarkeit des Bodens und gegen die unerbittliche Strenge eines trockenen und brennenden Klimas; es ist ihre Ausdauer und ihr Fleiss, womit sie die Deiche, die Schleusen, die Kanäle und die Bewässerungsrinnen ausbessern und im guten Zustand erhalten. In den Gegenden, wo es an Arbeitskräften zur gelegenen Zeit fehlte und wo das Wasser versiegte, hat die Wüste die Grenzen überschritten, welche ihr von der Ackerbauindustrie vorgeschrieben waren und hat sich wieder in den Besitz ihrer alten Herrschaft gesetzt. Für den Douab war es sehr glücklich, dass die Unglücksfälle von Delhi die Rache des Schah-Nadir befriedigten.

Die Gärten von Schalimar, welche der Oberst Dow beschrieb, bieten noch jetzt, ungeachtet der Zerstörungen von 1739, eine Menge von Kanälen, Brunnen und Bewässerungsrinnen, welche die schönste Vegetation befördern. Diese ehemals so reizenden Gärten kosteten dem Schah-Djihan die Summe von 15 Millionen. In ihrer Nähe sieht man nach Franklin noch die Ruinen von Parks und Palästen der Omrahs oder der grossen Würdenträger des mongolischen Hofes.

*) Im Jahre 1555 hatte das Reich 11 Soubabien, wovon mehrere grösser waren als manches Königreich in Europa. Unter Aureng-Zeb betrugen die Revenuen des Reiches im Jahre 1660 bei 32 Millionen Pfund Sterling.

Die Vorstadt Delhi's ist auf dem Raum von drei Meilen (beiläufig 5 Kilometer) von dem Wasser eines Kanals bewässert, welcher 25 Fuss Breite und eben so viel Tiefe (?) hat. Zahlreiche, jedoch verfallene Brücken erleichtern die Verbindung zwischen beiden Ufern. Ein grösserer Kanal, von dem Territorium von Paniput ausgehend, bewässert und befruchtet 30 Lieues des Landes vor der Verbindung des Flusses bei Delhi. Dieser Kanal wurde im Jahre 1820 gegraben und 1826 wiederhergestellt; als man ihn im Jahre 1834 räumte, fand man in dem Schlamme Medaillen aus einer sehr frühen Epoche. Die Engländer begriffen die Wichtigkeit dieser schönen Ableitung des Dschamnah und vertrauten die Aufsicht darüber einem besonderen Beamten an. Im Jahre 1834 war Kapitain Cantley Oberaufseher der Bewässerungen und des Kanals des Douab.

Zwischen dem Setledsch und dem Dschamnah ist ein weiter Landstrich, der gegen Osten von den letzten Abzweigungen des Himalaya beherrscht wird und sich südwestlich bis zur grossen Wüste von Registan ausdehnt. Dieses Land trennt den Pendschab von der Provinz Delhi; es war nackt, beinahe wüst und wurde bloss von einigen Nomadenstämmen und von den Karawanen besucht. Ferose III., Fürst von Patan, welcher gleichzeitig die Barbarei seiner Rasse und die Intelligenz der indischen Völker, unter denen er geboren war, besass, wollte einen Theil der westlich von Delphi gelegenen Wüste anbauen und bevölkern, und es wurde desshalb auf seinen Befehl an dem rechten Ufer des Dschamnah vom Fuss der Gebirge an bis Sufedoon, 20 Meilen westlich von Paniput, ein Kanal eröffnet, welcher 30 königliche Kosses (92 Kilometer) oder 60 geographische Meilen Länge hatte; er ging über Karnawl und Toghlukpur und wurde in der Folge bis zu dem kleinen Dorfe Luddas verlängert, wo Ferose III. die neue Stadt Hissar-Ferosch erbauen liess, welche die Hauptstadt des Distriktes von Hissar wurde. Bald nachher eröffnete ein zweiter Kanal, gegen Nordwest gerichtet, einen neuen Ausweg bis zum Flecken Sursooty an dem Flusse gleichen Namens. Ein dritter Kanal endlich wurde von Sursooty zum Setledsch geführt, welcher Kanal den Fluss Selima oder Jidger durchschnitt, dessen Wasser die Territorien von Sirhind und Soonam bewässert. Die Stadt Samanah, welche von den von Delhi nach Lahore ge-

henden Karawanen häufig besucht wird, liegt zwischen den beiden Territorien und an dem rechten Ufer des Kaggar; die Trace des dritten Kanals ist weniger bekannt, es ist selbst zweifelhaft, dass ihn Ferose beendigt habe, denn mehrmalige Aufstände zogen diesen Fürsten manchmal von seinen edlen Unternehmungen ab. Wenn der Kanal von Sursooty und Soanam in der That die Ufer des Setledsch erreicht hätte, so würde Ferose III. den Ruhm erlangt haben, dass er durch den indischen Kontinent eine ununterbrochene Schifffahrtslinie zwischen der Mündung des Indus und der des Ganges erreicht hätte. Tatta und Kalkutta, 1500 englische Meilen voneinander entfernt, wären die beiden grossen Entrepots dieser Binnenschifffahrt gewesen.

Die beiden grossen Kanäle von Ferose, deren erster Verbindungspunkt Hissar-Ferosch war, hatten wie man sagt eine totale Länge von 80 gewöhnlichen Kosses oder 114 geographischen Meilen (193 Kilometer). Im Jahre 1626 liess Schah-Jehan die Kanäle räumen und die beschädigten Theile repariren, worauf er einen neuen Kanal hinzufügte, der von Sufedoon bis Delhi führte und eine Länge von 60 Meilen oder 92 Kilometer hatte. Schah-Jehan, Vater des Aureng-Zeb, nannte diesen letztern Kanal Nehr-Behist oder Kanal des Paradieses.

Shumse-Suraje, Geschichtschreiber Ferose III., macht Erwähnung von diesen Kanälen; Ferishta spricht davon weitläufiger und er sagt: „dass der einzige Kanal des Setledsch oder Jidger 100 Meilen lang sei . . .; die Bauten von Ferose, fügt Ferishta hinzu, waren für die anliegenden Gegenden sehr vortheilhaft, indem sie ihnen Wasser lieferten zur Bewässerung ihrer Ländereien und ihnen ein leichtes Mittel boten ihre Produkte von einem Ort zum andern zu führen."

Welche Richtung auch der vom Setledsch kommende Kanal haben und wie der Zustand der Orte bei dem Tode des Ferose (1388) gewesen sein möge, der Zweck desselben ist wenigstens bekannt, nämlich ein bis dahin wüstes Land zu bevölkern und anzubauen und einer grossen Landstrecke die Wohlthat der Bewässerung und einer Binnenschifffahrt zu verschaffen. Ueber diese schönen Unternehmungen besitzen wir nun das Zeugniss von Ferishta, das von dem Major Rennel kommentirt wird. Er lässt uns über den Erfolg der Schifffahrt auf dem westlichen Kanal, in der Wüste von Sirhind und Hissar in Zweifel. Das ist wenigstens unbestreitbar und ehrt das Andenken an Ferose, dass jetzt blühende Felder den lange Zeit brach gelegenen Distrikt von Ferosch bedecken.

Rennel ist der einzige Reisende, von dem wir die Dimensionen des Kanals von Sufedoon kennen lernen; er hat beiläufig 4^m0 Breite und eben so viel Tiefe; die ganze Länge der schiffbaren Kanäle, oder welche bestimmt sind, es zu werden, beträgt nach diesem gelehrten Geographen 240 Meilen oder ungefähr 368 Kilometer; in direkter Linie haben sie nur 105 geographische Meilen.

Der Ackerbau liebt die Anlage von Kolonien; er verschönerte und befruchtete schnell die Territorien von Sirhind, Hissar, Sufedoon und Karnawl; er gründete an den Ufern der Kanäle die Städte Juneed, Dhataret, Hansi und Toghlackpur und brachte sie in Wohlstand; eine grosse Menge von Dörfern erhob sich auf den Ländereien, welche so fleissig angebaut wurden. Wenn der Landbau des Schutzes bedarf, so bezeugt er sich doch auch erkenntlich für alles, was man für ihn gethan; die Kanäle von Ferose brachten dem kaiserlichen Schatze beträchtliche Summen ein; die Konsumenten des Wassers zahlten einen Zehent von den Produkten der bewässerten Ländereien. Ferose indessen liebte es nicht, Schätze aufzuspeichern, und während einer Regierung von 37 Jahren, die oft durch Krieg und Aufstände beunruhigt war, widmete er den Ertrag des Zehnten nützlichen öffentlichen Bauten oder menschenfreundlichen Werken.

Im Jahre 1398 eroberte Timur Hindostan, und Hissar, das sich unglücklicher Weise auf seinem Wege befand, musste furchtbar leiden; mehrere andere Städte noch wurden zerstört, und überall wurde die Erde ihrer Bäume und ihrer Produkte beraubt; später verbesserte die Bewässerung die Verluste, welche durch den aus den nördlichen Regionen hervorgebrochenen Sturm veranlasst wurden.

Agra, eine grosse Stadt an dem rechten Ufer des Dschamnah, erfreute sich eines langen Wohlstandes, der indessen auch nicht ganz ohne Kehrseiten war. Unter Akbar II. im Jahre 1566 war sie die Hauptstadt des Reiches; als aber die Nachfolger ihre Residenz zu Delhi aufgeschlagen hatten, verfielen die öffentlichen Monumente, welche nun ohne Aufsicht und Unterhaltung blieben, in Ruinen; die Bevölkerung

nahm schnell ab, und auf eine Stadt des Adels und des Luxus folgte eine Handel und Ackerbau treibende Stadt. Die Engländer bestrebten sich auf eine lobenswerthe Weise, um diese neue Bevölkerung zu beschützen; indessen erheischten die Bedrängnisse des Ackerbaues energische Massregeln, und mitten unter Beschäftigungen, welche von einer neuen Herrschaft unzertrennlich sind, wurden die Bewässerungen von Agra vernachlässigt. Bischof Huber, welcher der Wissenschaft und der evangelischen Mission zu schnell entrissen wurde, besuchte den Norden von Hindostan in den Jahren 1826 und 1827, und er fand die Umgebungen von Delhi und Agra mit Ruinen von Palästen, Moscheen, Wasserbehältern und Kanälen bedeckt.

Allahabad wird von den Hindu's als eine heilige Stadt verehrt und es deutet Alles auf ihren früheren Ursprung hin. In dem südlichen Theile des Douab und an der Verbindung zweier grossen Handelsstrassen gelegen, hatte diese Stadt das Glück, die dreifache Unterstützung der Religion, des Handels und des Ackerbaues zu bewahren. Dagegen hat der Krieg Allahabad und sein Territorium mehrmals verwüstet und die englische Politik verlangte von ihrer Seite die Erbauung einer starken Zitadelle an der Vereinigung der beiden Ströme; die gegenwärtige Generation vergisst aber schon die durch den Krieg verursachten Verluste. Jede starke Herrschaft bei einer an Unterjochung gewöhnten Nation führt bald zu der für den Ackerbau nothwendigen Ruhe. Die Bewässerung befriedigt übrigens die Erwartungen des Landwirthes; seine ersten Produkte sind die Vorläufer von reichlichen Erzeugnissen, und wenn die Märkte gehörig versorgt werden und die Konsumtion eine allgemeine wird, so vervielfältigt der Handel seine Kräfte und dem Ueberfluss werden zahlreiche Ausgänge eröffnet.

Der südliche Douab ist eine Werkstätte der Produktion und ein unerschöpflicher Kornboden für Bengalen, Guerwal, den Pendschab und Radjeputana; die Schifffahrt und die Karawanen gehen der Ausfuhr eine grosse Erleichterung; die Natur hatte die erstern Wege eröffnet und die menschliche Industrie erfand die zweiten in einer sehr frühen Epoche.

Die Bewässerungen von Allahabad entfernen sich kaum von den Ufern des Dschamnah. In uralter Zeit und unter der friedlichen Herrschaft, damals als die Religion für die indische Politik ein so mächtiger Hebel war, sagt man, haben diese Bewässerungen nach Westen hin sehr grosse Ausdehnungen gehabt. Zur Unterstützung dieser Tradition führt man die vielen Ruinen von Ortschaften und die verschlämmten Bewässerungsrinnen an, die man inmitten der Dschungels findet. Die Epoche liegt schon weit hinter uns, wo der Sultan Khosru seinen Palast mit prächtigen Gärten umschloss; der Zahn der Zeit hat die Wohnplätze des Luxus, die weiten und zauberischen Schattenplätze, welche die Ufer des Dschamnah verzierten, verdrängt. Der Handel mit seinen Magazinen hat sich der prachtvollen Paläste der Omrah's bemächtigt, und die Politik eines Volkes, welche die Hindus Barbaren nennt, hat aus der „Königin der heiligen Städte" einen Waffenplatz geschaffen; 20.000 Hindu's wohnen bequem in der Stadt, welche ehemals von der sanskritischen Bevölkerung überfüllt war, und ein englischer Obrist, im Solde einer Gesellschaft von Kaufleuten, hat sich des Platzes des mächtigen Rajahs von Allahabad bemächtigt.

Der Anbau der Baumwolle hatte schon das alte Indien bereichert; ungeheure Massen dieses Produktes aus dem Pflanzenreiche waren in uralter Zeit nach dem Abendlande ausgeführt worden, was auch bis zu dem Tage stattfand, wo die Araber den Aegyptern mit der Baumwollenstaude ein Geschenk machten. Damals bestand eine grosse Rivalität zwischen zwei grossen, durch weite Meere und die Wüste getrennten Nationen; indessen behielt Indien stets seinen Vorzug in landwirthschaftlicher Beziehung; auch hat die Zeit seitdem nichts geändert. Seit 1815 hat die durch die englische Industrie bedeutend ermuthigte Baumwollenkultur an den Ufern des Ganges einen grossartigen Aufschwung genommen. Im Jahre 1829 berechnete man schon die von Hindostan nach Europa gesandte Baumwolle auf 208 Millionen Pfund; Kalkutta hatte beiläufig die Hälfte dieser ausserordentlichen Produktion geliefert, die sich alljährlich vermehrt. Nach sehr wahrscheinlichen Rechnungen waren die 208 Millionen von 1,664,000,000 Sträuchern gewonnen worden, was einen bewässerten Landstrich von 422 Quadratmeilen voraussetzt, 25 Meilen auf den Grad gerechnet. Besonders in der Provinz Delhi und an den Ufern des Dschamnah war die Kultur des

Baumwollstrauchs im Fortschreiten begriffen; auch musste man durch neue Kanäle die Bewässerung auf eine Länge von 60 Lieues ausdehnen.

Bewässerungen des Gangesthales. — Bevor wir das grosse Thal des Ganges durchwandern, lenken wir unsere Aufmerksamkeit einen Moment auf den Fluss selbst, denn die sanskritischen Epochen haben die wohlthätigen Eigenschaften seines Wassers berühmt gemacht, und der Ackerbau wusste daraus einen merkwürdigen Vortheil zu ziehen.

Der Ganges wird Padda im Sanskrit und Padus von den alten Kosmographen genannt. Auf seinem Laufe von mehr als 1200 Meilen, von Herdouar bis zum Meere, nimmt er den Tribut von 11 grossen Flüssen auf, von denen mehrere dem Rhein gleichen und keiner kleiner als die Themse ist, wie Skinner beweist *). Er bildet für den indischen Kontinent eine mächtige Arterie, welche die immensen Ebenen belebt bietet dem Handel einen sichern und stets offenen Weg, liefert der Regierung eine permanente Militairstrasse und schenkt dem Landbau ein unversiegbares Reservoir. Die Länge seines Laufes ist geringer als die des Nil, kommt aber der der Wolga, des Bramahputer und des Irraouaddy gleich; sie übertrifft die des Mississippi und ist beinahe das Doppelte der Länge des Rheins. Wohlthätiger noch als der Nil und mit einem geringeren Wasservolum als dieser bewässert der Ganges einen grossen Landstrich; seine mittlere Breite ist etwas unter Herdouar beiläufig 2000^{m}0; nach seiner Verbindung mit den drei grossen Zuflüssen Gograh, Soane und Gunduck aber hat sein Bett 2400 bis 4828^{m}0 Breite, welche er auch bis zum Meere auf einem Lauf von 600 Meilen (965 Kilometer) beibehält. Bei dem niedrigsten Wasserstande hat er 9^{m}14 Tiefe bis auf eine sehr grosse Entfernung von seiner Mündung.

Rennel schätzt die Wassermenge des Ganges bei seinem Ausflusse ins Meer in der trocknen Jahreszeit auf 80.000 Kubikfuss pro Sekunde, welches Volum bei Ueberschwemmungen das Dreifache beträgt, weil die Kraft der Strömung alsdann in dem Verhältniss wie 3:5 oder selbst zu 6 in der Stunde steht; d. h. das Volum beträgt alsdann 405000 Kubikfuss. Für das ganze Jahr hindurch kann man es mit 180.000 Fuss oder beiläufig 4077 Kubikmeter pro Sekunde berechnen.

Bei den periodischen Hochgewässern des Ganges während der Monate Mai, Juni und Juli wird der Wasserspiegel im Durchschnitt um beiläufig 9^{m}44 gehoben; die Ueberschwemmung erstreckt sich alsdann auf mehr als 80 Kilometer an jedem Ufer des untern Ganges. Diese ungeheure Wassermenge verursacht manchmal grosse Verwüstungen, welchen vorzubeugen man von jeher starke Deiche mit Ablassschleusen errichtet hat. Diese Deiche begrenzen die beiden Ufer und kosten der Regierung, der Provinz und den Uferanwohnern ungeheure Summen. Das Wohl des Landes hängt hiervon ab, und da man ihre Unterhaltung bei Luckipur im Delta vernachlässigte, vernichtete der von der Meeresfluth zurückgedrängte Fluss die Reisfelder und Ortschaften nebst Menschen und Thieren. Die einzigen Dämme von Bengalen bilden eine Gesammtlänge von mehr als 1600 Kilometer; in einem einzigen Kanton des Delta ist einer der Hauptzweige des Ganges eingedeicht auf einem Raume von 112 Kilometern.

Von Herdouar aus durchschneidet der Ganges „fruchtbare Wüsten“ nach dem gut gewählten Ausdruck von Thomson. Dieser anmuthige Dichter konnte die Wohlthaten der Bewässerung nicht besser charak-

*) Man rechnet 346 Meilen von Herdouar nach Allahabad, und 854 Meilen von dieser letzteren Stadt bis Kalkutta, folglich 500 Lieues von Herdouar nach Kalkutta, die englische Meile mit 1609^{m}31 berechnet.

In Betreff der Bedeutung des Ganges hinsichtlich seiner Wassermenge gegen andere Flüsse gibt Rennel in seiner Beschreibung von Hindostan folgende Zusammenstellung, wobei die Themse als Masseinheit angenommen ist:

Themse	1	Volum	Wasser
Rhein	$5\frac{1}{4}$	„	„
Donau	7	„	„
Wolga	$9\frac{1}{2}$	„	„
Indus	$5\frac{1}{2}$	„	„
Ganges	$9\frac{1}{2}$	„	„
Burremputer . . .	$9\frac{1}{2}$	„	„
Ava	$9\frac{1}{2}$	„	„
Jenisei	10	„	„
Ob	$10\frac{1}{2}$	„	„
Amur	11	„	„
Hoang-Ho. . . .	$13\frac{1}{2}$	„	„
Kiang	$15\frac{1}{2}$	„	„
Nil	$12\frac{1}{2}$	„	„
Mississippi . . .	8	„	„
Amazonenstrom . .	$15\frac{3}{4}$	„	„

terisiren. Die Wüsten, welche er bezeichnet, sind die reichen Provinzen Delhi, Agra, Audh, Allahabad, Bahar und Bengalen. Mehrere grosse Städte beherrschen die Ufer des Flusses; die berühmtesten sind Farrakhabad, Allahabad, Mirzapur, Benares, Ghazipur, Patna und Kalkutta.

Herdwar oder Herdouar ist ein kleiner an dem rechten Ufer des Ganges und an der Stelle gelegener Ort, wo der aus den Schluchten des Guerwal hervorbrechende Strom in die Ebenen von Hindostan tritt. Die tiefe Oeffnung, Ghat genannt, welche der Fluss in die Abhänge der seinen Lauf versperrenden Berge gegraben hat, wird Heri-ssa-pairi (Fuss des Heri oder Wischnu) genannt. Nächst dem Ghat ist das Sanktuarium des Heri.

Herdouar ist also eine heilige und handeltreibende Stadt; überall, wo die Religion einen Tempel erbaute, errichtete sie auch einen Bazar, damit zwei Interessen zugleich die Verehrer des Heri fesselten. Herdouar empfängt demnach die Produkte des Pendschab, von Kabul und Kachemir im Austausch derjenigen von Thibet, des obern Ganges und von Nepal. Dieser Handel ist so thätig, dass die dort abgehaltene Messe, eine der berühmtesten Indiens, jährlich eine Million Pilger, nach Hearsay sogar mehr als zwei Millionen verlockt. Die Waschungen in dem heiligen Wasser des Ganges und in den Reservoirs des Heri müssen von jedem Besucher Wischnus verrichtet werden. Die Wohlthaten des Handels sind die gewöhnlichen Belohnungen einer langen Pilgerreise.

Herdouar ist auch eine ackerbautreibende Stadt, die unvermeidliche Bedingung ihrer Berühmtheit. Die Pilger brauchen Raum zum Lagern, schattige Plätze zur Ruhe, reichliche Nahrungsmittel nach langen Entbehrungen und zur Stärkung für neue. Die Bewässerung wird also in Herdouar ausgeübt, und wenn die Jahreszeit manchmal die Hoffnungen des Landwirthes durchkreuzt, wenn die Zuströmung der Pilger eine momentane Hungersnoth befürchten lässt, so versorgen zahlreiche Transporte aus dem Douab den grossen Markt von Heri.

Nächst dem Sanktuarium von Heri befindet sich der Pac-Tyrta, ein Wallfahrtsort, der durch fünf Counds oder heilige Teiche, welche hauptsächlich zu den Reinigungen bestimmt sind, berühmt ist. Sie werden von einer schönen Quelle gespeist, welche sich in einem Thale westlich von Herdouar befindet. Das Wasser der Counds wird zur Bewässerung benutzt.

Der Theil des Ganges zwischen Herdouar und Allahabad ist eine Reihe von schönen Ebenen, welche vormals in mehrere unabhängige Fürstenthümer getheilt waren, die aber alle von den Engländern unterjocht sind.

Unter den Fürstenthümern des Douab, die mit den englischen Besitzungen vereinigt sind, ist das von Sirdhana zu bemerken, das in der Mitte des 18. Jahrhunderts von einem Deutschen gegründet wurde. Walter Reinhard diente anfänglich unter dem Namen Summer, sein abenteuerliches Leben führte ihn zu dem Grossmogul, dessen Armee er endlich kommandirte. Mit seinen Diensten zufrieden gab ihm der Fürst die Stadt Sirdhana mit den nächsten Dörfern zum Lohne. Der junge Staat prosperirte, bei der Zerstücklung des Reiches aber verzweifelte Summer an seinem Glück und entleibte sich.

Die Engländer stellten anfänglich mehrere alte von den frühern mahometanischen Fürsten Indiens angelegten und seit langer Zeit aufgegebenen Kanäle wieder her; die beiden vorzüglichsten sind die an Dschamnahs Ufern. Sie empfangen ihr Wasser in geringer Entfernung von dem Punkt, wo der Fluss die sewalischen Hügel durchschneidet. Der Kanal am westlichen Ufer verbindet den Dschamnah mit Delhi nach einem Lauf von beiläufig 240 Kilometer (Blatt 18). Oft nennt man ihn Kanal des Ali-Murdan und den Kanal des Schah-Nehr. Ein Hauptzweig, den man den Ferose-Schah nennt, bewässert die Ländereien von Hansi und Hissar, und verliert sich in dem Sande der Wüste Berkanner, wie der Kaggur und alle die Wasserläufe, welche zwischen dem Sutlotsch und dem Dschamnah vom Himalaya herabströmen.

Die Trace des östlichen Kanals des Dschamnah (Jumna) liegt dem vorigen beinahe symmetrisch. Er existirte schon in alten Zeiten; wie aber weiter unten bemerkt werden wird, ist es zweifelhaft, dass er jemals auf eine regelmässige Weise benutzt worden ist. Die Engländer haben ihn 1824—1830 viel eher neu angelegt als reparirt.

Diese Kanäle haben nicht allein für die Winterkulturen, sondern auch für die Urbarmachungen bedeutende Vortheile geschaffen; so haben in dem Distrikt von Hurriana, wovon Hansi die Hauptstadt ist,

reiche angebaute Felder die mageren Weideplätze auf dem bewässerten Territorium ersetzt.

Allgemeine Beschreibung der Trace des Gangeskanales. — Die grossen Vortheile der obigen Kanäle führten die Engländer auf die Unternehmung eines andern, welcher mit seinen verschiedenen Abzweigungen das Wasser des Ganges zu dem grössten Theil des Donah leiten kann, der zwischen den Sewallischen Hügeln, dem Ganges und dem Dschamna liegt. Dieses Werk ist ganz neu. Man findet bloss auf dem Territorium, das er bewässert, die Ruinen des Kanals von Muhammed-Abor-Khan, welcher das Wasser eines grossen Behälters, der von dem westlichen Kalli-Nuddi gespeist worden sein muss, auf die Ländereien von Meerfut führte.

Der Kanal nimmt seinen Anfang an einem Nebenarm des Ganges bei Myapoor nächst der Stadt Hourdwar, die am Fusse der Sewallischen Hügel liegt (Blatt 18). Zwei bewegliche Wehre, das eine an dem Kanal, das andere abwärts von seinem Anfange an dem Arm, der die Quais von Hourdwar bespült, dienen zur Regulirung des Wassereinlasses. Der Kanal läuft anfänglich gegen Westen, überschreitet den Gebirgsstrom Rutmoo, dessen Wasser durch ein Wehr gehoben ist, und gelangt nach einem Einschnitt nach dem Thal des Solani, das er mittels eines vier Kilometer langen Dammes und einer Wasserleitung bei der Stadt Roorkee überschreitet. Nun wendet sich der Kanal gegen Süden, erreicht die Wasserscheide zwischen den Bassins des Hindun und des östlichen Kalli-Nuddi und theilt sich nach einem Laufe von 291 Kilometern in zwei Arme, wovon sich der eine in den Dschamnah in geringer Entfernung von Etawah, der andere bei Cawnpoor in den Ganges ergiesst. Die ganze Länge des gemeinschaftlichen Stammes und der beiden Abzweigungen beträgt 838 Kilometer. Drei andere Arme genannt Futtigurh, Bohundschuhur und Koel vervollständigen dieses weitläufige Bewässerungssystem; sie sind erst auf geringen Längen nächst dem grossen Kanal hergestellt und es ist ihre weitere Ausführung vorläufig eingestellt worden.

Gefälle des Kanals. — Hauptkanal.

291 Kilometer mit einem Gefälle von 0^m2367 pro Kilometer (1' 3" pro Meile) . . .	68^m90
14 Schleusen mit einem Gefälle von	33^m53
Totalgefälle	102^m43

Arm von Etawah.

87 Kilometer mit 0^m2367 pro Kilometer. .	20^m59
191 „ mit 0^m1894 „ „ . .	36^m18
6 Schleusen, wovon 5 gekuppelt, zur Erreichung des Dschamnah	14^m63
Zusammen	71^m40

Arm von Cawnpoor.

113 Kilometer mit dem Gefälle von 0^m2367 pro Kilometer	26^m75
156 Kilometer mit dem Gefälle von 0^m1894 pro Kilometer	29^m55
6 Schleusen, wovon 5 in der Stadt Cawnpoor	14^m32
Zusammen	70^m62

Grundsätze für die Berechnung der erforderlichen Wassermenge und Debit des Kanals. — Der Betrieb der Kanäle des Dschamnah hat zu den folgenden Annahmen geführt, welche dazu dienten die Wassermengen für die Bewässerung zu bestimmen:

1. Eine ununterbrochene Wassermenge von einem Liter pro Sekunde genügt zur vollständigen Bewässerung von 3 Hect. 12 Ar. 62 Cent. (1 Kubikfuss für 350 Bergahs).

2. Ein Kanal ist in guten Verhältnissen, wenn er eine ununterbrochene Wassermenge von 140 Liter, 76 C. pro Kilometer und pro Sekunde zur Bewässerung der anstossenden Grundstücke (800 Kubikfuss pro 100 Meilen abgeben kann.

3. Wenn man Rücksicht nimmt auf die verschiedenen Bestimmungen des Terrains und die Mannigfaltigkeit der Kulturen, so wird ein Land hinlänglich bewässert, wenn es das nöthige Wasser zur vollständigen Bewässerung des dritten Theils seiner Oberfläche empfängt.

Die 140 Lit. 76 C., welche pro Kilometer aufgewendet werden, genügen nach der ersten Annahme zur vollständigen Bewässerung von 404 Hect. 28 Ar. und zur allgemeinen Bewässerung von 1320 Hect. 85 Ares. Ein Kanal mit dieser Wassermenge kann also Wasser in hinlänglicher Menge auf eine Zone von einer mittleren Breite von 6604^m auf jedem Ufer vertheilen.

Auf den 44 ersten Kilometern seines Laufes liefert der Kanal kein Wasser für die Bewässerung, weil er entweder auf niedrigem oder feuchtem Terrain oder in Einschnitten liegt.

Der Ingenieur des Gangeskanales, Sir Prohy Cautley, hat angenommen, dass eine Wassermenge von $7^{mc}8$ (250 Kubikfuss) pro Sekunde frei bleiben müsste bis zum Ende jedes Armes, um das Bedürfniss für die Schifffahrt sicher zu stellen. Die Verluste verschiedener Art sind stillschweigend in den vorstehenden Zahlen mitinbegriffen.

Nach diesen Grundsätzen hat man die Wassermenge für die verschiedenen Theile des Kanals und dann die Querschnitte mit Rücksicht auf die angegebenen Gefälle berechnet. Die Wassermenge, welche am Anfange bei Hurdwar aufgenommen wird, beträgt $191^{mc}13$, wovon $64^{mc}56$ (6750 und 2280 Kubikfuss) für die noch nicht ausgeführten Zweige bestimmt sind. Abzugsrinnen, die in gewissen Entfernungen angelegt sind, führen das überflüssige Wasser zu den benachbarten Bächen, das nach dem Gesagten noch immer sehr bedeutend ist.

Werke für die Schifffahrt. — Der Kanal ist so angelegt, dass er auf seiner ganzen Länge für die Schifffahrt benutzt werden kann; er bildet daher eine Verbindungslinie zwischen den beiden, den Douab begrenzenden Flüssen und erfüllt zwischen Hurdwar und Cawnpoor die Rolle eines Seitenkanals, indem er auf der einen Seite einen bequemen und sichern Weg statt des Ganges bietet, auf dem die Fahrt in diesem Theile wegen der Untiefen und Stromschnellen sehr mühsam ist. Die Schleusen sind in Ableitungen angelegt, die sich parallel mit dem Kanal vom Wehre weit genug entfernt hinziehen, damit an ihren Enden der Strom von dem Gefälle nicht beeinflusst wird. Um die indischen Schiffsleute, deren Sorglosigkeit ausserordentlich ist, zu verhindern, dass sie sich mit ihren Flössen oder Fahrzeugen bis in die Durchlässe hineinziehen lassen, hat man den Kanal unterhalb des Anfanges jeder Ableitung durch eine Schiffbrücke gesperrt, welche übrigens noch den Vortheil hat, dass sie eine sehr nützliche Verbindung zwischen den Ufern herstellt.

Die Sewallischen Hügel und die benachbarten Gebirge sind zum grossen Theil mit Bäumen bestanden, deren Verkauf einen schon wichtigen Handelsartikel bildet, welcher aber eines weit grösseren Aufschwunges fähig ist. Nachdem sie aus dem Groben bearbeitet sind, verbindet man sie zu Flössen und führt sie zu den verschiedenen Städten des Ganges und seinen Nebenflüssen, wo man also Bauholz zu mässigen Preisen erhält. Die an den Ufern des Dschamnah angelegten Kanäle haben den Wäldern des Deyra kostbare Absatzwege verschafft, denn die Schifffahrt ist auf dem Flusse sehr schlecht, besonders aufwärts von Delhi. Die Eröffnung des Gangeskanals musste natürlich ähnliche und selbst beträchtlichere Resultate herbeiführen, weil abwärts von Cawnpoor die Schifffahrt sich im Allgemeinen in guten Verhältnissen befindet.

Die Breite der Flösse, welche durch die Länge der Holzstämme bestimmt wird, beläuft sich höchstens auf $4^{m}50$, die der landesüblichen Schiffe erreicht diese Ziffer nicht. Hiernach hat der Ingenieur die Breite der Schleusenkammern auf $4^{m}88$ (16 Fuss) bestimmt; ihre Länge, welche $32^{m}92$ (108 Fuss) beträgt, genügt für alle Fahrzeuge, und es können alle Holzflösse durchgelassen werden, ohne dass man sie auseinander zu nehmen braucht. Das Normalgefälle der Schleusen ist $2^{m}74$ (9 Fuss), doch wurde diese Höhe wegen lokaler Verhältnisse bei mehreren von ihnen vermindert.

Die Ableitungen sind für eine Wassertiefe von $1^{m}83$ hergestellt. Manchmal ist die Tiefe in dem Kanal grösser, je nach der Wassermenge, welche vertheilt werden soll.

Bei einigen Wehren hat man Mühlen angelegt, um die Wasserkraft der Gefälle zu benutzen.

Es war leicht vorauszusehen, dass die Schifffahrt auf den dem Ganges und dem Dschamnah zunächst gelegenen Theilen des Kanals sehr lebendig sein würde, und es hat desshalb der Ingenieur am Ende eines jeden Armes eine doppelte Schleusenlinie angelegt.

Wasserleitungsbrücke von Roorkee und Fundamentirung mit Brunnen. — Diese Brücke ist das bedeutendste Kunstwerk des Kanals; sie hat 15 Bogen von je $15^{m}24$ Spannweite; ihr Wasserbett ist der Länge nach durch eine Mauer in zwei Kanäle von je $25^{m}91$ Breite getheilt. Drei Pfeiler mit Nuthen sind an jedem Ende des Kanals angelegt, um mit Leichtigkeit Fangdämme herzustellen; man kann also nacheinander die beiden Theile des Brückkanals repariren, ohne die Schifffahrt oder die Bewässerungen zu unterbrechen. Die Fundamentirung dieses grossen Bauwerks war in mancher Beziehung interessant.

Die Fundamentirung mit Brunnen ist in Indien schon seit langer Zeit in Gebrauch und eignet sich auch sehr gut für den feuchten Boden am Ufer

der grossen Flüsse und für die Betten der Wildströme. Die Engländer haben sie auf eine oft sehr vortheilhafte Weise modifizirt, indem man das Mauerwerk mehrerer Brunnen miteinander vereinigte. An dem östlichen Kanal des Dschamnah versenkte Oberst Colvin, der Erfinder dieses Systems, in einem einzigen Stock die Fundamentirungen des Landpfeilers mit seinen Flügelmauern. Die Fundamentstöcke oder Colviniensischen Blöcke sind leichter auszuführen als isolirte Brunnen, doch dürfen die Zwischenräume nicht zu weit entfernt sein; ein Abstand von 0m91 von einem zum andern wird als ein Maximum betrachtet.

Ein Pfeiler wird auf acht Stöcken gegründet, wovon jeder vier achteckige Brunnen hat (Blatt 18, Fig. 3). Der Durchmesser der eingeschriebenen Zylinder ist 1m67 (5′ 6″); die Brunnen sind 2m59 (8′ 6′) von Achse zu Achse entfernt. Die Blöcke liegen 0m91 (3 Fuss) von Achse zu Achse; sie bilden im Grundriss ein Rechteck von 6m71 bei 6m10 (22 Fuss bis 20 Fuss). Ein Stock mit zwei Brunnen wird für jeden Vor- oder Hinterpfeiler in die Verlängerung der übrigen Stöcke gesetzt. Die Stöcke der Widerlagspfeiler haben 7m92 bei 6m10 (26′ bis 20′). Um nämlich die Unterwaschungen zu vermeiden, werden zwischen zwei Linien von Stöcken mit zwei Brunnen, die so nahe wie möglich aneinanderliegen, Steinwürfe eingelegt.

Alle Stöcke, 288 an der Zahl, wurden auf 6m10 (20 Fuss) Tiefe unter der Flusssohle mittels einer Räumung ohne Ausschöpfung versenkt. Um die Versenkung zu erleichtern, wurde jeder Stock mit einer durch Verstrebungen verstärkte Plateform belegt, die man mit Sand belud.

Man hat 12 verschiedene Typen für diese Mauerstöcke angenommen; in der Figur 8 und 9 sieht man die Grundrisse von einem Hauptstock der Widerlagspfeiler und einem Stock der Schutzlinie der Brückenbettung (radier); Fig. 7 ist der Querschnitt eines Stockes von einem Vorpfeiler mit der Belastungsplateform.

Diese Methode ist weit entfernt von den schönen Fundamentirungen mit komprimirter Luft bei den Brücken von Rochester, Saltash, Lyon, Szegedin, Kehl, Bordeaux; sie gehört ohne Zweifel einer weniger vorgerückten Kunst an, dennoch aber hat sie sehr viel Interesse; man kann sie mit grossem Vortheil unter Umständen anwenden, wo es unmöglich wäre, die Ausgaben zu machen, welche die verschiedenen Systeme des pneumatischen Druckes erfordern.

Ghats oder Treppen zum Hinabsteigen ins Wasser behufs der religiösen Reinigungen. — An mehreren Punkten des Kanals sind Ghats oder Ghauts angelegt worden. Bevor wir aber dieselben näher betrachten, führen wir einige Stellen aus Jacqnemonts Reisen in Indien über diesen Gegenstand an. Folgende Stelle ist aus seinem Reiseberichte über den Hougly zwischen Kalkutta und Chandernager: „Inzwischen hatte sich die Sonne erhoben, und auf den Ghauts, die zum Rande des Flusses hinabführen, bemerkte ich die Masse Hindu's, welche ihre Morgenabwaschungen hielten. Ich näherte mich dem Ufer, um diese pittoresken Gruppen zu beobachten. Einige von diesen neuerdings erbauten Ghauts zeigen einen sehr eleganten griechischen Styl; an den Ufern des Flusses steigt die Treppe mit ihren breiten Stufen auf, die sich bis zum niedrigsten Wasserstand erstrecken. Auf der höchsten Stufe erhebt sich eine Art von Peristyl, der von leichten Säulen getragen wird und Schutz gegen die brennenden Sonnenstrahlen und den Regen gewährt."

Es war nothwendig bei der Ausführung des Kanals zu Hourdwar Rücksicht auf grössere Bequemlichkeiten für die Badenden zu nehmen. Die alten Ghats waren wegen der Ungleichheit der Wassertiefe mit einiger Gefahr verbunden; durch die Herstellung des Kanals in dem Arm von Hourdwar konnte dieser grosse Uebelstand beseitigt werden; ein eisernes Gitter im Flusse parallel mit dem Ufer und 45m0 von demselben entfernt verhindert die Unvorsichtigen, dass sie von dem Wasser mitgerissen werden. Ein neuer Ghat von 191m0 (417 Fuss) Länge wurde nächst dem Regulirungswehr am Anfange des eigentlichen Kanals selbst angelegt. Die Erde, welche an dieser Stelle eine sehr grosse Höhe hat, wird hinter der obern Plateform des Ghat von einer Mauer gestützt, worin Bytuks eingelassen sind, die als Strebepfeiler dienen.

Ein Bytuk ist ein kleiner gemauerter Thurm, worin sich zur Zeit der Reinigungen ein Fakir aufhält, welcher Gebete spricht und Almosen fordert. Die Strasse von Kunhkul nach Hourdwar ist mit achtseitigen oder viereckigen Bytuks von beiläufig 2m13 Höhe eingefasst. Jedes nimmt das Zentrum einer gemauerten Plateform ein, zu der man auf Stufen hinaufsteigt.

Die von dem Ingenieur an dem Ghat bei Myapoor hergestellten Bytuks erinnern hinsichtlich ihrer allgemeinen Anordnung an diejenigen auf der Strasse von Kunhkul nach Heurdwar. Ihre Anzahl beträgt 17 und ihre Breite 1ᵐ83. Die Esplanade, die von der Mauer getragen wird, deren Strebepfeiler sie bilden, wurde mit heiligen Bäumen geschmückt. Die Engländer haben diese ganze Anlage der Hindus, welche Hourdwar und sein heiliges Terrain besuchen, als eine Sühne für die grossen Freiheiten dargeboten, die sie sich mit dem Ganges erlaubt haben.

In der Nähe von jedem Mittelpunkte der Bevölkerung wurden an dem Kanal mehr oder minder bedeutende Ghats erbaut. Der Arm von Cawnpoor verbindet sich mit dem Ganges in einem Ghat, der mit Luxus erbaut und von eleganten Kiosks umgeben ist. In Fig. 10 (Blatt 18) ist der Durchschnitt des Ghat dargestellt, der sich nach der ganzen Länge des Dammes hinzieht, welcher an die Wasserleitungsgebiete von Roorkee anstösst und mehr als 4000ᵐ0 lang ist. Alle hohlen Räume des Mauerwerks sind mit Erde ausgefüllt. Scheidemauern in Entfernungen von 4ᵐ57 von einander und bis zum Anfange der steigenden Bogen sich erhebend verbinden die Längenmauern und bilden mächtige Strebepfeiler.

Das Grundeigenthum in Indien. — Wir hätten nun von der eigentlichen Bewässerung gesprochen; um aber die administrativen Massregeln, die in dieser Beziehung genommen wurden, leichter zu verstehen, ist es nothwendig, wenigstens auf eine summarische Art den Zustand des Eigenthums in Indien kennen zu lernen. Jacquemont sagt darüber:

„Das Gouvernement in Indien verfügt nach seinem Belieben über die Erzeugnisse des Bodens. Die Bodensteuer ist die Rente der ganzen Erde, anstatt wie in Europa nur ein Theil derselben, und diese Rente oder Steuer, wie man sie nennen mag, wird von der Regierung bestimmt, die sie je nach den Angeboten der Pächter steigert oder vermindert. Es ist also augenscheinlich, dass die Regierung über den Boden alle die Rechte ausübt, welche bei uns nur dem Eigenthümer gebühren, und dass sie daher nur als der alleinige Eigenthümer betrachtet werden muss.“

„Die Feststellung und die Art der Einsammlung der Grundsteuer ist in den verschiedenen Provinzen Indiens nicht gleich. So überliess Lord Cornwallis das Eigenthum der Ländereien Bengalens wirklich an diejenigen, welche in jener Zeit die Pächter waren, als er ihnen die Pachtung für immer unter den bestehenden Bedingungen übergab, und behielt sich nur das Recht vor, bei Nichterfüllung dieser Bedingungen sie wieder zurückzunehmen. In Bengalen haben die Ländereien Besitzer ungefähr wie in Europa, haben aber vor den europäischen Grundbesitzern den Vortheil dass die einmal auf ihren Boden festgesetzte Steuer nicht vermindert werden kann.“

„In den meisten andern Provinzen des anglo indischen Reiches verpachtet der Einnehmer eines jeden Distrikts jedes Dorf oder jeden Kanton dem Meistbietenden, der aber Bürgschaft für die Bezahlung leisten muss. Bezahlt er nicht, so hält sich der Einnehmer an seine Bürgschaft und an seine Person und sucht einen andern Pächter. Der grösste Theil des englischen Territoriums ist dieser Regel unterworfen. In der Provinz Delhi endlich verhandelt die Regierung mit den Landwirthen direkt über das Erträgniss des Landes. Der Einnehmer eines jeden Distriktes kennt wie es gehen kann die kultivirbare Erde jedes Dorfes, sei es aus alten Traditionen der mongolischen Verwaltung oder aus dem sehr genauen Cadastre, das in allen englischen Provinzen ausgeführt wird. Er berechnet ihr totales Bruttoprodukt, schätzt dessen Mittelwerth; zieht von dem Ganzen die Kulturkosten ab, welche durch Approximation leicht zu bestimmen sind, und von dem auf diese Weise entstehenden Netto überlässt er dem Bauer den sechsten Theil.“

Es ist übrigens zu bemerken, dass die Pachtungen nicht immer dem Meistbietenden überlassen worden; man verhandelt oft wegen Bevorzugung mit den Indiern, welche bei den eingebornen Truppen die Funktionen eines Soubadar oder eingeborenen Offiziers versehen haben. Die Staatspächter werden Zemindars genannt.

Vertheilungskanäle und Gräben. Betrieb des Kanals. — Das Wasser wird auf die dem Ganges benachbarten Ländereien durch Nebenkanäle oder Rajbuhas vertheilt. Das Wert Rajbuhas ist von allen denen, welche man in der Praxis der Bewässerung anwendet, das einzige, das von den indischen Verfahren auf uns gekommen ist. Das von den Kanälen von Delhi und Hansi bewässerte Land wird von langen Dammlinien durchzogen, deren Ursprung

kaum bekannt war als die englischen Ingenieure die seit beinahe einem Jahrhundert verlassenen und zur Hälfte verschütteten Kanäle zu dem Zweck besuchten, sie wiederherzustellen. Es war schwer in diesen langen Dämmen die Reste alter Nebenkanäle zu erkennen; sie entstanden indessen ohne Zweifel aus der Anhäufung des durch die Räumungen ausgeworfenen Schlammes. Die Nothwendigkeit aus den Kanälen beständig Sand und Schlamm auszuwerfen, war aller Wahrscheinlichkeit zufolge in jener Zeit eine eben so grosse Ursache zu Ausgaben als jetzt. Einige Nebenkanäle, welche neuerdings aufgegeben wurden, nachdem sie eine geringe Anzahl von Jahren waren benutzt worden, haben ähnliche Spuren zurückgelassen als die alten Dämme oder Rajhuhas sind.

Auf das Nichtbestehen dieser Spuren in dem Lande, das der östliche Kanal des Dschamnah durchschneidet, beruht die Vermuthung, dass dieser Kanal in seinem alten Zustande entweder gar nicht oder nur zu lokalen und parziellen Bewässerungen benutzt wurde. Die Anzahl der Dämme ist gross und sie sind sehr sichtbar auf dem westlichen Ufer des Dschamnah, während sie östlich von diesem Flusse ganz unbekannt sind. Um den Zweck der Rajbuhas in dem allgemeinen Bewässerungssystem der nordwestlichen Provinzen Indiens zu begreifen, nehmen wir als Vergleichung die Wasservertheilung einer Stadt an. Das Wasser wird in Reservoirs gesammelt und von da bis in die äussersten Stadttheile durch Hauptleitungen geführt, die sich nach den verschiedenen Strassen richten. Durch Zweigröhren gelangt das Wasser in die Häuser.

Bei unserem Bewässerungssystem spielen der Hauptkanal und die grossen Zweige des Kanals die Rolle der Reservoirs; die Rajbuhas korrespondiren den Nebenkanälen und die Dorfgräben den Zweigröhren der Stadt. Die Rajbuhas sind also die Mittelglieder zwischen dem Kanal und den Bewässerungsgräben und nach ihnen allein ist die Vertheilung hergestellt. Der Erfolg dieser Vertheilung hängt von ihrer Trace und der Anordnung ihrer Wassereinlässe ab und zwar nicht bloss mit Rücksicht auf die Wassermenge, die sie führen sollen, sondern auch auf das Terrain, das sie zu bewässern bestimmt sind. Die Rajbuhas sind Privateigenthum; ihre Anlage geschieht auf Kosten der Konsumenten; die Regierung hat sich bloss das Recht der Ueberwachung über ihre Unterhaltung und Erhaltung vorbehalten.

Hat man nun das vollständige Studium eines Rajhuha in Bezug auf seine Trace, seine Wassermenge und die Ausdehnung des Terrains, das er bewässern soll, beendigt, so verhandelt man über seine Herstellung mit den Zemindars; es werden ihnen Vorschüsse für die Anlage ertheilt, und wenn der Rajbuha vollendet und übernommen ist, so wird der Gesammtbetrag der Vorschüsse je nach den Bedingungen der Uebereinkunft allmählig zurückgezahlt.

Man bewilligt den Zemindars nur dann Wasser, wenn sie einen Vertrag acceptirt haben.

Diese Methode hat für die Kanalverwaltung die Schwierigkeit beseitigt, die Vertheilung des Wassers mit den verschiedenen Konsumenten zu reguliren.

Die Rajbuhas haben gewöhnlich ihren Wassereinlass in der Nähe von Brücken oder Wächterhäusern. Nachdem sie sich in schiefer Richtung entfernt, biegen sie sich und folgen einer dem Kanal beinahe parallelen Richtung. Damit sie keinen grossen Querschnitt oder ein starkes Gefälle erhalten, hat man in gewissen Entfernungen Speisegräben (feeders rajbuhas) angelegt, durch welche ihnen reines Wasser von dem Kanal zugeführt wird.

Ein Rajbuha hat mindestens 1^{m}83 (6 Fuss) Breite bei seinem Einlass, seine Sohle liegt 0^{m}30 über der Sohle des Kanals.

Kosten der Anlage. — Die Kosten wurden mit 35,543,000 Frs. (141 Lak Rupien) veranschlagt, übersteigen aber in der That 41,593,000 Fr. (165 Lak).

In dieser Ziffer sind jedoch nicht mitinbegriffen die Kosten für die Anlage der Rajbuhas, welche auf Kosten des Gründers ausgeführt wurden; auch ist die Remission des Erträgnisses der Erde für die okkupirten Ländereien davon ausgeschlossen. Der Uebergang über den Solani kostete 7,652,000 Francs. Es ist übrigens zu bemerken, dass die Baukosten in Indien mit denen in Europa nicht recht zu vergleichen sind, da der Arbeitslohn dort sehr gering ist. An dem Ganges-kanal verdienten die Maurer 52 bis 57 Centimes täglich und die Erdarbeiter 29 bis 52 Cent. (von 3 bis 6 Annas und von 2 bis 3 Annas).

Das k. k. Artillerie-Arsenal zu Wien.

(Mit Zeichnungen auf den Blättern **622** bis **636** des Jahrganges 1864, **706** bis **727** des Jahrganges 1865 und auf den Blättern **19** bis **22** des Jahrganges 1866.)

Das Arsenal der k. k. Artillerie, welches in unmittelbarer Nähe der Hauptstadt Oesterreichs erbaut wurde, ist in militärischer Hinsicht und in Hinblick auf seine grossartigenHülfsmittel im Falle der Kriegsbereitschaft eines der sehenswürdigsten Etablissements der Gegenwart; in Bezug auf seine Ausdehnung, seine Architektur und Bautechnik eine der grossartigsten Bauanlagen der Neuzeit*).

Schon vor dem Jahre 1848 war die Idee, ein grosses Artillerie-Arsenal zu bauen, von verschiedenen Seiten angeregt; die Ereignisse dieses Jahres jedoch reiften den Gedanken zu dem Entschluss: die in verschiedenen Stadttheilen Wiens und die in naher oder weiter Entfernung von Wien liegenden Werk- und Lagerstätten für Militärwaffen in Eine Anlage zusammenzustellen, um eine gehörige Einheit im technischen und administrativen Betriebe zu erzielen.

Es wurde daher im Jahre 1849 Allerhöchsten Orts beschlossen, ein Arsenal zu bauen, welches alles dasjenige zu erzeugen im Stande sei, was für die k. k. österreichische Armee an Kriegsrüstungsgegenständen erforderlich ist.

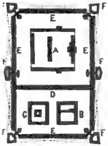
Als Bauplatz wurde das ebene Terrain vor der Belvederelinie gewählt und aus vielen Gründen auch für diesen Zweck als am geeignetsten befunden; einmal wegen der nahen Verbindung mit der Artilleriekaserne am Rennweg und dem Neugebäude, wo sich die grossen Pulver- und Materialvorräthe befinden, dann wegen der Nähe der Simmeringer Haide, wo die Artillerieexerzitien vorgenommen werden, und endlich wegen seiner hohen und gesunden Lage, wo ein vortreffliches Brunnenwasser und ein fester Schottergrund sich findet.

Nachdem von Seiten der k. k. Artillerie-Behörde ein Programm festgestellt war, welches die allerhöchste Genehmigung erhielt, wurden zwölf Architekten Wiens zu einem Konkurse eingeladen, bei welchem für das beste Projekt ein Preis von 100 Dukaten ausgesetzt ward.

*) Vergl. die Jahrgänge 1850 S. 25 und 1864 S. 4 dieser Zeitschrift.

Von diesen zwölf Architekten konkurrirten indess nur sechs, nämlich die Herren Professoren von Siccardsburg und van der Nüll 1 Projekt, Professor Rösner und Ingenieur de Riedl 1 Projekt, Professor von Förster und Architekt Hansen 1 Projekt. Dem Programme war die nebenstehende Form des Grundrisses beigegeben; nach diesem sollte das ganze Etablissement ein vertheidigungsfähiger fester Platz werden und folgende Gebäude enthalten:

Grundriss des Programms



A. Werkstätten zur Geschützerzeugung.
B. Gewehrfabrik.
C Museum und Gewehrreparatur.
D. Wohnungen und Kanzleien.
E. Depôts.
F. Koffer für Geschützvertheidigung und zu Wohnungen mit den dazugehörigen Verbindungsgängen.

1. Sämmtliche zur Erzeugung des grossen Geschützes erforderlichen Werkstätten und Depositorien.

2. Die zur Aufbewahrung der fertigen Geschütze und deren Bestandtheile nöthigen Räume und Depôts.

3. Die zur Erzeugung, Reparatur, Uebernahme und Visitirung des Kleingewehres erforderlichen Werkstätten und Depôts.

4. Die zur Aufbewahrung derselben nöthigen Depôts und Waffensäle.

5. Die Kasernen zur Unterkunft für ein Bataillon Feldartillerie und die bei der Erzeugung des Geschützes u. Kleingewehres beschäftigte Mannschaft.

6. Die Kasernen zur Unterkunft für die Infanterie-Wachmannschaft, deren gesammte Stärke sich auf 400 Mann belaufen sollte.

7. Kleine Depôts für Lebensmittelvorräthe, Löschrequisiten etc.

Das gegebene Programm wurde jedoch bald vielfach abgeändert, denn nach den ernsten Ereignissen des Jahres 1848 fanden selbst zwischen den hohen Militärs Meinungsdifferenzen über den Grad der Vertheidigungsfähigkeit der ganzen Bauanlage statt.

Von all den erschwerenden Bedingungen, welche aus einem spezifisch industriellen Etablissement eine Festung machen wollten, wurde Stück für Stück abgegangen; bombenfeste Gewölbe, Vertheidigungsgänge längs des ganzen Umfanges u. s. w. hatte man fallen lassen gegenüber der Geldfrage, welche bei der ungeheueren Ausdehnung dieses ganzen Gebäudekomplexes eine drei- bis vierfache Kostenerhöhung hervorgerufen hätte.

Drei hochgestellte Militärs, Feldzeugmeister von Welden, der Artillerie-Direktor Freiherr von Augustin und der Gelehrte Feldzeugmeister von Hauslab, unterstützten die zum Prinzip erhobene und von den Architekten in Vorschlag gebrachte Anwendung des Materialbaues sowohl als auch die Vereinfachung als befestigtes Objekt. Nur eines musste festgehalten werden, nämlich die Bedingung, sämmtliche Umfangsgebäude ohne Dachung herzustellen und im obersten Stockwerke einzuwölben und zu terrassiren.

Nach mehrfachen Erörterungen über die zweckmässigste Totalanlage wurden die Konkursprojekte der Architekten von Siccardsburg, van der Nüll, von Förster, Hansen und Rösner zu einem einheitlichen Plane umgeschaffen und mit grösster Energie an die Ausführung geschritten.

Das Comité, dem dieselbe übertragen wurde, bestand aus Artillerieoffizieren, Architekten und Geschäftsleuten. Verantwortlicher Oberleiter war Artillerie-Direktor FZM. Freiherr von Augustin. Nebst den oben genannten fünf Architekten waren Comitémitglieder: der k. k. Arsenal-Direktor General H. v. Wellenau als Präses, die Herren Oberlieutenants Durmann, Uchatius, Schädlbauer und Quintus, die Lieutenants Bauer und Partsch, ferner der Oberlandesgerichtsrath Dr. Maly als Rechtskonsulent, und der Feldkriegskommissär von Welfenburg als Rechnungskontrolor und Kollaudirungskommissär.

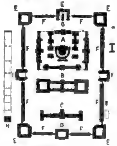
Die gesammten Umfangsgebäude mit Ausnahme der rückwärtigen Mittelkaserne und Kapelle, sowie die Schmiede-, Schlosser-, Adjustirungs- und Holzwerkstätten sind nach den Plänen der Herren van der Nüll und von Siccardsburg ausgeführt.

Das Waffenmuseum, von den Herren von Förster und Hansen begonnen, wurde später Herrn Hansen allein zur Ausführung überlassen.

Gewehrfabrik und Schiessstätte sind gemeinschaftliche Arbeiten der beiden letztgenannten Künstler. Das Bohrwerk, die Geschützgiesserei, die Munitionsgiesserei und das neue Geschützbohrwerk (erst später ausgeführt) ist nach den Plänen des Architekten von Förster ausgeführt.

Nach Professor Rösners Plänen ist die Kapelle, die sie umgebende Mittelkaserne und das kleine Gebäude zum Tormentiren der Gewehrläufe errichtet worden.

Ausgeführter Grundriss.



A. Werkstätten.
B. Gewehrfabrik.
C. Museum.
D. Kommandantengebäude.
E. Kasernen.
F. Depôts mit den Verbindungsgängen zu den Kasernen.
G. Kirche.
H. Schiessstätte.

Die praktische Ausführung des Baues wurde vom k. k. Hof- und Stadtbaumeister L. Mayr und Baumeister Kuschée übernommen; die Ziegel, die gewöhnlichen sowie die Verkleidungsziegel, sind aus der Ziegelei des Herrn Miesbach (jetzt H. Drasche). Die Eisengussbestandtheile lieferte die fürstlich Dietrichsteinische Giesserei.

Das neue vollendete Artillerie-Arsenal liegt an der Südseite Wiens, unweit der Vorstädte Wieden und Landstrasse vor dem Linienwalle. Der grosse Südbahnhof und der der Raaber Bahn liegen in unmittelbarer Nähe desselben. Eine eigene Eisenbahn, die parallel zur Raaber Bahn läuft, führt längs der Westseite des Arsenals bis in die genannten Bahnhöfe. Es steht daher das ganze Etablissement in unmittelbarer Verbindung mit der Raaber- und Südbahn und durch diese auch mit der Elisabeth-Westbahn; ferner durch die Wiener Verbindungsbahn, welche quer vor der Hauptfront der Bauanlage vorbeizieht, auch mit der Nordbahn, mithin mit dem Norden, Osten, Süden und Westen des Reiches. Eine eigene Strasse führt von der Belvederelinie unmittelbar ins Arsenal; die Strassen nach Laxenburg und Italien, ferner die über Schwechat nach Ungarn mün-

den unweit desselben in die Hauptstadt. Der Wiener-Neustädter Kanal hat seinen Hafen in eben so geringer Entfernung. Durch seine hohe Lage vor der Stadt dominirt es die ganze Residenz. — Das vollkommen ebene Terrain, auf dem es steht, ist dem Zweck als Fabriksetablissement besonders günstig.

Der ganze Bau hat eine rechteckige Grundform, welche in ihrer Langseite die Richtung von Nordwest nach Südost hat. Die Hauptfront ist nach Nordwest, gegen die Stadt zu gerichtet. Die Anordnung der einzelnen Objekte ist so, dass Kasernen und Depôts das umfassende Rechteck bilden, während Museum und Werkstätten im Innern vertheilt sind und in ihrer Lage entweder zur Lang- oder Schmalseite des Rechtecks parallel laufen.

Ausserhalb dieses Rechteckes befinden sich bloss fünf Objekte von untergeordneter Bedeutung u. z. parallel zur östlichen Langseite die Schiessstätte, eine Reitbahn, die speziell für das Arsenal bestehende Gasanstalt und zwei kleine Gebäude für das Eingiessen der Kugeln und für das Probiren der Gewehrläufe.

Die Anordnung der Umfangsgebäude ist in der Hauptform ziemlich dieselbe wie im ursprünglichen Programm; nur dass die Kasernen nicht mehr vertheidigungsfähige, sondern gewöhnliche Gebäude ohne Bedachung sind; die Anordnung der einzelnen Objekte im Innern ist vielfach abgeändert worden. Das Waffenmuseum, das einzige Gebäude im ganzen Etablissement, welches auf künstlerische Ausbildung Anspruch machen konnte, wurde auf Antrag der Architekten so placirt, dass es alle übrigen Gebäude im Innern dem Auge entzieht und daher das einzige Gebäude ist, welches man beim Eintritt in den Hof sehen kann. Diess geschah besonders aus dem Grunde, weil das Museum für Jedermann zugänglich sein soll, während es einer besonderen Erlaubniss bedarf, um in die Werkstätten zu gelangen. Durch die neue Stellung des Museums war natürlich die Aenderung der Lage der übrigen Gebäude im Innern bedingt. Die jetzige Anordnung und Vertheilung der einzelnen Objekte ist aus dem Plane auf Blatt **623** zu ersehen.

Blatt **622** gibt eine perspektivische Ansicht des Arsenals.

Wie schon bemerkt, sind sämmtliche Gebäude im Ziegelrohbau aus ganz vorzüglichem Material ausgeführt und ist nur dort Stein verwendet worden, wo schwache Konstruktionstheile es erforderten; Säulen, Fenstermittelgewände, Masswerk und die übrigen zarten Theile der Architektur, besonders im Waffenmuseum und Kommandantengebäude, sind ebenfalls von Stein.

Die Einwölbung der Umfangsgebäude im obersten Stockwerk und das Belegen derselben mit Asphalt und später mit Blei, obwohl ein ziemlich kostspieliger Faktor bei der grossen Ausdehnung dieser Objekte, ist doch von unbedingtem Vortheil.

Die einzelnen Objekte der ganzen Anlage sind untereinander mit makadamisirten Strassen verbunden und die dazwischen liegenden leeren Flächen mit Gartenanlagen ausgefüllt, um der Staubbildung auf diesem dem Winde so stark ausgesetzten Terrain möglichst entgegen zu wirken. Die Höfe der Kasernen und andern Gebäude sind mit Granitwürfel gepflastert.

Das Nutz- und Trinkwasser beziehen die zahlreichen Werkstätten und Wohngebäude aus 40 Brunnen, welche eine Tiefe von 10 bis 21 Klafter und einen Wasserstand von 5 bis 13 Klafter haben. Die in den Eckkasernen, der Gewehrfabrik und in den Werkstättengebäuden haben eine lichte Weite von 6 Fuss. Die Ausführung derselben bot wegen der Tiefe und grossen Dimensionen bedeutende Schwierigkeiten.

Die Beleuchtung der Strassen, Wege, Höfe, Gänge, Wohn- und Diensträume, so wie der Werksäle besorgt die eigens für das Etablissement erbaute Gasanstalt.

Die zahlreichen Wasserläufe und Kanäle, die eine Gesammtlänge von 6500 Kurrentklafter haben, führen das Regen- und Abfallwasser so wie den Unrath in 5 Sammelkanäle, die sich ausserhalb des Arsenales in einem Hauptkanal vereinigen, welcher, bloss für das Arsenal angelegt, bis in den Donaukanal führt.

Die Länge des ganzen das Etablissement umschliessenden Rechteckes beträgt 340 Klafter, die Breite 235 Klafter, sammt den über das Rechteck vorspringenden Gebäuden aber 363 Klafter Länge und 253 Klafter Breite.

Das Terrain, auf dem die ganze Anlage steht, dacht sich von der Raaber Bahn nach Nordosten ab, daher wurden die an der nordöstlichen Langseite liegenden Gebäude mit einem Souterrain angelegt; das Niveau der Höfe dieser Gebäude hingegen liegt mit dem äusseren Terrain auf gleicher Höhe.

der Objekte ist 33; dieselben sind im
Plänen deutlich zu ersehen. Es sind

mmandantengebäude. (Objekt I.)
626. — Dieses Gebäude liegt in der
stfronte, d. h. der gegen die Stadt gele-
seite des Rechteckes. Es ist das nächst
architektonisch am reichsten ausgestat-
bildet in seiner Grundform ein Recht-
fter Länge und 36 Klafter Breite und
en Theile, nämlich mit 21 Klafter, vor
nde Mauer der ganzen Anlage hervor.
ngsum geschlossenen Hof von Quadrat-
em in jedem Stockwerk 9 Fuss breite
aufen. Das Kommandantengebäude bil-
eingang für das ganze Etablissement
hitektur der Hauptfaçade dem entspre-
. Es hat nebst dem Erdgeschoss noch
e. Die vier Ecken wurden durch 9 Fuss
r haltende massive Thürme armirt. Um
als Haupteingang deutlicher hervor-
, wurden nach der Aussenseite, so wie
ere des Etablissements Mittelrisalite an-
Ecken durch 13 Fuss im Durchmesser
ckige Thürme verstärkt sind. Das
selbst ist reicher gehalten und setzt
ckiger Thurm noch 45 Fuss über der
es Gebäudes fort, ist mithin von der
zur Brüstungsmauer der oberen Plate-
hoch. Ueber dem Hauptthor reihen sich
nder die drei halbrunden Fenster des
s an.
zwischen diesem und den Fenstern des
nimmt eine riesige, reich verzierte Auf-
mit den Worten: Franz Josef I.,
esterreich, begonnen 1849, vollendet
rme des Mittelrisalits steht über dem
zwischen zwei Quadratfenstern in einer
ortretenden Konsolen die Statue der
hild und Schwert sich stützend, 10 Fuss
rether-Stein von Hanns Gasser aus-
iden Eckthürme des Risalits tragen in
e allegorische Figuren des Giessers,
es, Wagners und Maschinenschlossers
rme; die Mathematik, Physik, Mechanik
linken Thurme, ebenfalls von Hanns
Gasser ausgeführt, jede 8 Fuss hoch. Das Kommandantengebäude ist nach den Entwürfen der Architekten van der Nüll und von Siccardsburg ausgeführt.

Es enthält im Erdgeschosse die Wachzimmer, Kanzleien, Portierswohnung, Wohnungen für Dienstpersonale, Pferdeställe nebst Futterkammern und Wagenremisen. Im ersten Stock befinden sich die Wohnung des Kommandanten, der Berathungssaal, Wohnungen für einen Stabs- und einen anderen Offizier und Kanzleilokalitäten; der zweite Stock enthält Wohnungen für Offiziere und Beamte; der dritte nebst dem Archiv und einer Bibliothek ebenfalls Wohnungen. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Geschossen wird durch drei Stiegen vermittelt, wovon jedoch eine bloss bis zum ersten Stock geht. Die Beheizung geschieht mittels schwedischer Oefen, die von Aussen geheizt werden.

Erdgeschoss und dritter Stock sind mit Ziegeln eingewölbt, ebenso die Gänge in allen Stockwerken; im ersten und zweiten Geschoss ist die Zwischenkonstruktion Tramboden mit Fehlträmen. Die Einwölbung im obersten Geschoss ist auf eisernen Traversen ausgeführt.

Die Eckkasernen. (Objekt III, VII, XII und XVI.) Blatt **721** und **722**. — Diese vier Gebäude liegen an den Ecken des Arsenalrechteckes; sie sind in Bezug auf Grösse, Grundrisse, Façaden und Höhe, vom Arsenalhofe aus gerechnet, alle vier ganz gleich durchgeführt. Bei den beiden östlich gelegenen Objekten Nr. XII und XVI liegt der Hof um 9 Fuss tiefer als das Terrain im Innern des Etablissements; es bildet daher die Einfahrt eine geneigte Ebene. Diese beiden Objekte erhielten auch ein Souterrain, welches die beiden anderen Nr. III und VII nicht haben.

Bei jedem dieser Objekte liegt die Haupttreppe in der nach Innen gekehrten Ecke des Grundrisses, welcher behufs besserer Beleuchtung der Stiege an dieser Ecke zurückgezackt ist. Nebst dieser führt noch eine zweiarmige Stiege nach allen Geschossen.

Die Grundform jedes dieser vier Gebäude ist ein Quadrat mit eingeschlossenem, quadratförmigen Hof; an seinen vier Seiten läuft ein Korridor herum, wie es die Grundrisse Blatt **721** zeigen. In den Souterrain-Lokalitäten XII und XVI und im Erdgeschosse III und VII sind im Niveau des Hofes Stallungen, Wagen-

Remisen u. s. w. untergebracht; die oberen Geschosse in allen vier Eckkasernen sind zu Offizierswohnungen, Kanzleien und Diensträumen eingerichtet.

Diese vier Objekte sind nach den Entwürfen der Architekten van der Nüll and von Siccardsburg ausgeführt.

Die Mittelkasernen. (Objekt V und XIV.) Blatt **723** und **724**. — Diese zwei Objekte, welche ihre Stellung in der Mitte der Langseiten des Rechteckes haben, sind hinsichtlich der Bauart und der äussern Architektur in ganz ähnlicher Weise ausgeführt wie die Eckkasernen, bestehen aus demselben Materiale (Ziegel) und sind wie jene nach den Plänen der Professoren van der Nüll und von Siccardsburg ausgeführt.

Diese Gebäude bilden jedoch kein geschlossenes Quadrat, sondern haben nach dem Innern des Etablissements hin offene Höfe wie aus dem Grundrisse Blatt **724** zu ersehen ist. Der Haupttrakt mit einem Mittelrisalite, der in der Mitte einen Thurm trägt, tritt nach beiden Enden im Grundrisse über die beiden Seitenflügel hinaus. Das Niveau des Hofes liegt bei Objekt XIV ebenfalls tiefer als das im Innern des Etablissements, und die Durchfahrt ist, da diese Gebäude zugleich die Seiteneinfahrten in das Arsenal bilden, nach Aussen zu geneigt. Die Retiraden für die Mannschaft sind in einem eigenen Zubau ausserhalb derselben angebracht und nach dem von der k. k. Geniedirektion vorgeschriebenen Prinzip für Mannschaftsretiraden, sternförmig um einen einzigen Schlauch angeordnet, konstruirt.

Die Bestimmung der beiden Mittelgebäude ist, die Primaplanisten und zwei Zeugs- oder Artilleriekompagnien aufzunehmen. Die Vertheilung der Räume zeigen die Grundrisse.

Die Kirchenkaserne. (Objekt IX.) Blatt **725** bis **727**. — Dieses Gebäude, welches eine ähnliche Anordnung der Trakte hat wie die eben besprochenen Mittelkasernen, liegt in der Mitte der hinteren Schmalseite des Rechteckes. Es ist nebst der von diesem Objekte umschlossenen Kirche nach den Entwürfen des Professors Rösner erbaut. Es enthält Mannschaftszimmer, Offizierswohnungen nebst Diensträumen und Kanzleilokalitäten; ausserdem aber noch das chemische Laboratorium, Schulzimmer und Bibliothek. Ursprünglich war es zum Spital bestimmt.

Die Façaden sind in ganz ähnlicher Weise mit denen der andern Umfangsgebäude gehalten.

Die Kirche. (Objekt X.) Blatt **726** bis **727**. — Die Kirche ist nach den Entwürfen des Professors Rösner im romanischen Styl erbaut und Aussen mit reicher Mosaik aus geschlemmten rothen und gelben Ziegeln dekorirt; das Portal, so wie die beiden Stiegenaufgänge sind reich in Stein ausgeführt.

Sie ist einschiffig von 32 Fuss lichter Breite und 45 Fuss Höhe, die innere Länge des Schiffes beträgt 87 Fuss. Dass Innere ist einfach, ohne Malerei, die vordere Façade trägt das Standbild des Erzengels Michael in Stein. Der Fussboden der Kirche liegt 13 Fuss über dem Niveau des Hofes, wodurch ein Souterrain geschaffen ist, welches als Gruft für hohe Militärs dienen sollte, bisher aber noch nicht dazu verwendet wurde.

Die Depôts. (Objekt II, IV, VI, VIII, XI, XIII, XV und XVII.) Blatt **20** (Jahrgang 1866). — Dieselben liegen am Umfange der ganzen Anlage zwischen den Mittel- und Eckkasernen. Sie sind sämmtlich nach den Entwürfen der Professoren van der Nüll und von Siccardsburg erbaut und in der Architektur ähnlich gehalten wie die Kasernen. An den Enden sind sie durch Thürme abgeschlossen. Da diese Depôts jedoch nicht an die Eck- und Mittelgebäude angebaut sind, sondern aus Rücksicht eines grossen Brandes für sich abgeschlossen dastehen, so ist die Verbindung durch eine 28 Fuss hohe Mauer hergestellt. An diese Mauer lehnt sich eine auf Pfeilern von Ziegeln ruhende eiserne Brücke, über welche man vom ersten Stock der betreffenden Kasernen in die Depôts gelangen kann; in vier von diesen Mauern (nämlich jenen an der Langseite des Rechtecks, welche an die Eckkasernen anstossen) sind Einfahrtsthore angebracht, damit die Kommunikation vom Innern des Etablissements nach Aussen vielfältiger ist.

Zweck der Depôts ist, Materialien, Requisiten und Werkzeuge aller Art, Lafetten, zusammengesetzte Feldgeschütze und Fuhrwerke, Sattelwagen, Transportirungsprotzen, Hebezeuge, Feuerspritzen, Geschützmontirungen für das Batteriegeschütz u. dgl. unterzubringen.

Sie sind, so wie alle Umfangsgebäude, gewölbt, und haben Plateaus ohne Dächer. Der innere Raum von 8 Klafter lichter Höhe, von der Souterrainsohl-

luss, ist bei den vier nordöstlich XI, XIII, XV, XVII in vier Etahe durch eine massive Holzkonder Zeichnung ersichtlich, von ein- Die übrigen Depôts II, IV, VI, iterrain und nur drei Etagen.

ler Gebäude enthalten riesenhafte Höhe und 20 Fuss Breite.

Innen gekehrten Seite jedes dieas Terrain gegen das Innere des , überwölhte Luftgräben ange-errain trocken zu erhalten.

useum. (Objekt XVIII.) Blatt 06 — 709. — Dieses Gebäude, und Detailplänen des Architek-, ist vom künstlerischen Stand-s schönste und reichst ausgestat-nals. Es liegt unmittelbar hinter gebäude und dehnt sich parallel Klafter lang aus. Die Breite die- 8 Klafter, an beiden Enden destrisch Quertrakte von 32 Klafter ter Breite. Die Ecken derselben de Thürme armirt. In der Mitte der Durchfahrt des Kommandan-er, erhebt sich ein Mittelbau von orm mit einer Kuppel überdeckt. liesst sich rückwärts das Stiegen-

t im Innern in zwei Theile ge-en reicheren Theil, die Ruhmes-n durch das Vestibule und das alerei geschmückte Stiegenhaus beiden gleich gestalteten Flügel-wärtig unten als Rüstkammern lepôts benützt werden.

, mit der Kuppel überdeckt, liegt n Stockes und hat eine Höhe von ngebrachten Galerien haben den en der berühmten Feldherren hmen, und zugleich den besten thren, um ihre Verewigung in en betrachten zu können, welche n Theilen der Wände als auch ebracht sind.

Die zwei daranstossenden kleineren Säle erhalten ausser den Fresken an den Gewölben und Wänden Statuen berühmter Feldherren; letzteren Sckmuck zeigt auch das Vestibüle.

Das k. k. Arsenal besitzt eine Waffensammlung wie in der Welt vielleicht keine zweite existirt. Diese so aufzustellen, dass sie nicht nur gut gesehen werden kann, sondern zugleich als ein integrirender Theil des Gebäudes erscheint, war das eifrigste Bestreben des Architekten. Aus diesem Grunde wurden um jede Säulengruppe im Vestibule vier Piedestale angebracht und somit 52 Plätze für Rüstungen geschaffen. Die übrigen Rüstungen waren so aufgestellt gedacht, wie sie in dem Durchschnitte (Blatt **635 — 636**) angegeben sind. Von dieser Idee des Architekten ist man jedoch abgegangen und hat beschlossen, statt der Rüstungen Marmorstatuen der berühmtesten Feldherren aufzustellen, und übertrug diese Arbeit verschiedenen Bildhauern Wiens.

Die für das Innere bestimmten Freskogemälde sowie die architektonische Dekoration und Ornamentik der Haupträume wurden dem k. k. Professor Blas übertragen. Nur die reiche polychrome Dekoration des Stiegenhauses überliess man dem Architekten Hansen. Die daselbst vorkommenden Fresken sind nach den Entwürfen des nun verstorbenen Professors Rahl von ihm selbst ausgeführt; derselbe hatte Entwürfe für das ganze Museum gemacht, welche jedoch nicht zur Ausführung kamen; die auf Blatt **635--636** dargestellten Fresken sind auf Wunsch des Architekten nach den Entwürfen Rahls skizzirt. Dies die künstlerische Seite des Objekts; die praktische Aufgabe desselben war folgende:

Die beiden Flügel sollten nach dem gegebenen Programme zu ebener Erde Reparatur- und Putzwerkstätten, vorhanden mit den in beiden Eckflügeln anzubringenden Packlokalitäten enthalten; während der erste Stock die Bestimmung haben sollte, Raum für die Aufstellung von 300,000 Stück Gewehren mit den nöthigen Aufzügen zu bieten. Nach der üblichen Höhe von Gewehrstellagen in anderen Ländern und Städten der Welt, welche fast nirgends die Höhe von sieben Fuss überschreiten, hätten die Flügel in drei Stockwerke abgetheilt werden müssen; dadurch wäre aber dem Gebäude der Charakter monumentaler Grossartigkeit benommen worden; auch wäre bedeutend

mehr Inspectionspersonale nöthig gewesen. Daher wurden 22 Fuss hohe Gewehrstellagen aus Eisen konstruirt, welche alle Bequemlichkeiten für das Einlegen und Herausnehmen von Gewehren bieten, leicht übersichtlich sind und die hölzernen Stellagen an Dauerhaftigkeit bedeutend übertreffen, denn solche müssen alle zehn Jahre erneuert werden.

Die Pläne, Blatt **708** und **709**, zeigen die Konstruktion der ausgeführten Stellagen.

In den an den Ecken des Gebäudes angebrachten Thürmen sind Stiegen, Aufzüge und Inspektionszimmer untergebracht.

Was den Styl des Gebäudes betrifft, so wurde vom Architekten die eigentlich byzantinische Bauweise, wie sie sich namentlich in den Kirchen des Orients vorfindet, benützt, weil diese sowohl für den Zweck des Gebäudes als auch für die zu Gebote stehenden Materialien vorzugsweise passend erachtet wurde.

Das Bestreben des Architekten, für die Entwicklungsform des Gewölbes ein Kapitäl zu erfinden, welches zwischen Wölbung und Säule die Vermittelung bildet, geht aus der Zeichnung hervor, und hat Veranlassung zu manchen Variationen in der Ornamentik desselben geboten.

Das Gebäude ist aus Ziegel, Terracotten, Wöllersdorfer- und Margarether-Stein ausgeführt. Die Ziegel, sowohl die rothen als die gelben, wurden aus der Fabrik des Herrn H. Drasche bezogen.

Die übrigen Terracotten stammen aus den Fabriken der Herren Drasche und Bransewetter.

Die Gewehrfabrik. (Objekt XIX.) Blatt **710**, **711**, Jahrg. 1864 und 1865. Blatt **19**, Jahrg. 1866. — Die Gewehrfabrik ist der horizontalen Ausdehnung nach das grösste Gebäude des ganzen Etablissements; sie liegt ziemlich in der Mitte der ganzen Bauanlage und hat ihre Längenausdehnung parallel zum Museum.

Wie der Grundriss zeigt, besteht dieses Gebäude aus 11 Trakten, von denen je 4 zusammen an beiden Enden einen quadratischen Hof einschliessen, während zwei Längentrakte diese Quarrés verbinden; ein Mitteltrakt theilt den von den beiden Längentrakten gebildeten Hof in zwei gleiche Theile. Die ganze Längenausdehnung beträgt 146 Klafter.

Der dem Museum zugekehrte Längentrakt ist ebenerdig, alle übrigen haben zwei Geschosse.

Der Mitteltrakt enthält im Souterrain das Kesselhaus, zu ebener Erde das Maschinenhaus, im 1. Stock Trockenräume und Apparate.

An diesen Mitteltrakt schliessen sich nach rechts und links die zahlreichen Maschinensäle und kleineren Lokale an, welche alle vom Maschinenhause aus mittels langer Transmissionswellen und Uebersetzungen die nöthige Triebkraft erhalten.

In den beiden, ein Quadrat bildenden Endgebäuden sind nebst den verschiedenen Schlosser-, Schmiede-, Tischler- und anderen Werkstätten und Depôts auch noch alle nöthigen Kanzleilokale, sowie Zeichnensäle, Muster- und Modellensammlungen untergebracht.

Sechs Haupt- und drei kleinere Treppen vermitteln die Kommunikation in den Geschossen und dem Souterrain.

Die ebenerdigen Räume sind grösstentheils gewölbt; nur über den grossen Werksälen, welche eine lichte Weite von 34 Schuh haben, wurden Tramböden angewendet, welche in der Mitte von zwei auf eisernen Säulen ruhenden Durchzügen unterstützt sind.

Dieselbe Konstruktion wurde auch beinahe durchgehends im 1. Stock angewendet.

Durch eine hohe Aufmauerung der Hauptmauern wurde ein bedeutender Bodenraum gewonnen, der als Depôt dient. Die Bundträme des Dachstuhls werden in der Mitte ebenfalls durch eiserne Säulen gestützt.

Da bei Werkstätten eines der ersten Erfordernisse Licht ist, so wurden dreifach gekuppelte Fenster in Anwendung gebracht, und erhält das ganze Gebäude dadurch den Charakter eines Fabriksgebäudes.

Das Objekt ist nach den Entwürfen der Architekten von Förster und Hansen ausgeführt.

Der Raum zwischen der Gewehrfabrik und dem Museum ist für Aufstellung eroberter oder sonst merkwürdiger Geschütze bestimmt, und heisst desshalb der Kanonenhof.

Die Werkstättengebäude. (Objekte XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXVII, XXVIII, XXIX, XXX, XXXI.) Blatt **712** bis **720**. — Diese Gebäude nehmen ziemlich die Hälfte des inneren Raumes des Arsenales ein, sind um die Geschützgiesserei (Objekt XXI) gleichmässig gruppirt und beherbergen die Werkstätten für den schwereren, gewichtigeren Theil der Arbeit des Etablissements:

›hren und Adjustiren der Geschütze;
›igentliche Artillerie-Arsenal.
en Gebäude sind folgende:
schützgiesserei (Object XXI, Blatt
esteht aus einem Mittelbau, der Guss-
en grossen bis unters Dach offenen ganz
det und mit den nöthigen Krahnen,
en für Formsand u. s. w. versehen ist,
, in welchen die Lehmformerei, Lehm-
Putzlokal und einige Depôts unterge-
mittelbar an der Gusshalle, welche
halbrund abschliesst, stehen im Halb-
Abstichlöchern gegen die Halle ge-
fen, die an ihren Enden durch eine
r verbunden sind. Der an diese Mauer
de Hof ist durch einen Gebäudetrakt,
ebenfalls ein Halbkreis ist, abge-
esem Trakte sind Lagerräume für
rmsand, Tegel u. s. w., und in der
ens, in der Achse der Gusshalle, eine
uer untergebracht, deren Details aus
ich zu entnehmen sind.

schmalen Hof von der Holztrocken-
, liegt
araturwerkstätte (Objekt XXIX).
de, welches bloss eine Schmiede- und
te zum Repariren von Werkzeugen
erei für Zünderkörper enthält, und
ge äusserst einfach ist.

ptfront der Geschützgiesserei dehnt
er Hof aus, der durch die Munitions-
e und das neue Geschützbohrwerk
In Mitten dieses Hofes befinden sich
nd ein Wasserbassin von 6000
lches das zum Speisen der zwei 16
ampfmaschinen für das Bohr- und
Wasser fasst.
giesserei gegenüber liegt:
Bohrwerk (Objekt XXXI, Blatt
twürfen des Professors von Förster
2 erbaut.
eschützbohrwerk besteht aus einem
i an diesen anstossenden gleichlan-
die sich nach rechts und links aus-

Der rechtseitige Trakt, welcher die Geschützziehwerkstätte enthält, sowie der linksseitige, mit der Appreturwerkstätte und dem Visitirlokale, sind mit einer aus Holz konstruirten Zwischendecke vom Dachraum geschieden.

Die Flügel sind bloss ebenerdig, der Mittelbau hingegen, der im Erdgeschoss die Durchfahrt, ein Depôt und das Dampfmaschinenhaus fasst, hat einen Stock, dessen Räume zu Kanzleien dienen.

Eine Steinbahn verbindet das neue mit dem alten Bohrwerk und der Giesserei, um den Transport der schweren Kanonen zu erleichtern.

Eine besondere Erwähnung verdient hier wohl der grosse Rauchfang, welcher, um die Symmetrie des Gebäudes und der ganzen Anlage nicht zu stören, auf einen Gurtbogen gestellt wurde. Diese kühne Idee des Architekten ist mit grosser Solidität ausgeführt, bewährt sich ganz vortrefflich und zeigt nicht die geringsten Mängel.

d) Das alte Bohrwerk (Objekt XXII, Blatt **718**) liegt östlich von der Kanonengiesserei.

Dieses Gebäude besteht aus einem Längentrakte von 52 Klafter und drei Quertrakten.

Der Mitteltrakt enthält das Maschinen- und Kesselhaus, die Stiege und Inspektionszimmer. Dieser Trakt, sowie die beiden anstossenden Flügel sind gewölbt. Letztere enthalten acht Räume (vier an jeder Seite) für die Bohr- und Masselott-Abschneidemaschinen. In den beiden Endtrakten des Gebäudes sind die Geschützvorrichtungswerkstätten und die für die äussere Bearbeitung der Geschütze, ferner Materialdepôts, eine Schmiede und eine Schlosserei zur Instandhaltung der Werkzeuge untergebracht. Das Gebäude ist ebenerdig und nach den Plänen des Architekten von Förster erbaut; ebenso das gegenüberliegende Gebäude:

e) Die Munitionsgiesserei (Objekt XXVII, Blatt **712** und **719**).

Dieses Gebäude ist im Grund- und Aufriss ganz symmetrisch mit dem alten Bohrwerk; der Mittelbau ist gewölbt und enthält nebst dem Kessel- und Maschinenhause die Modellirtischlerei, eine Quetschmühle und ein Depôt für fertige Modelle. Der rechtseitige Flügel ist ebenfalls gewölbt und enthält nebst einem Depôt für Werkeisen noch eine Schlosserei und die Appreturwerkstätte für Geschützgeschosse, welch letz-

tere grösstentheils im anstossenden Endtrakte untergebracht ist. Im linken Flügel befindet sich die Kupolofengiesserei und im daranstossenden Endtrakte ein Uebernahmslokale, sowie Depôts für Materiale und Werkzeuge.

Im Rücken der Munitionsgiesserei steht parallel zu diesem Gebände

f) Die Holzwerkstätte (Objekt XXIV, Blatt **716**), ein 109 Klafter langer Bau, bestehend aus einem Mittelgebäude mit dem Maschinen- und Kesselhause und zwei Flügeln, von denen jeder zwei grosse Säle von acht und sieben Klafter lichter Weite enthält.

Die beiden Säle des rechten Flügels dienen zu Zimmerwerkstätten, die des linken zu Wagenwerkstätten.

Die beiden schmäleren Säle an den Enden sind ebenerdig, der Plafond und Dachstuhl derselben ist in der Mitte durch eiserne Säulen gestützt. Die beiden grösseren Säle am Mittelbau haben noch ein oberes Geschoss, welches durch eine Holzkonstruktion von den ebenerdigen Lokalitäten getrennt ist.

Dieses obere Geschoss enthält Kanzleilokale und Werkstätten für Tischler und Holzdreher. Die Transmissionen für die Werkstätten liegen unter dem Fussboden des Erdgeschosses.

Gegenüber der Holzwerkstätte an der anderen Seite des Werkstättengebäudekomplexes liegt symmetrisch und ganz gleich in den Umrissen und den Façaden mit der Holzwerkstätte

g) Die Adjustirungswerkstätte (Objekt XXIII, Blatt **715**). Auch dieses Gebäude besteht aus einem Mitteltrakt, zwei an diesen anstossenden Flügeln, mit oberem Geschoss und zwei Verlängerungen dieser Flügel, welche bloss ebenerdig sind.

Beide Objekte, Adjustirungs- und Holzwerkstätte, sind nach den Plänen der Architekten van der Nüll und von Siccardsburg erbaut.

Das Mittelgebäude enthält im Souterrain das Kesselhaus, im Erdgeschoss das Maschinenhaus und im oberen Stock Kanzleilokalitäten und Werkstätten für Sattler und Riemer.

Die ebenerdigen Räume enthalten eine grosse Schmiedewerkstätte mit 12 Feuern, Schlosser- und Maschinenwerkstätte für Beschlägetheile der Artillerie, Werkstätten für Mechaniker und Anstreicher, ein Uebernahmslokale, Depôts, Stiegenhäuser u. s. w.

Zwischen Gewehrfabrik und Geschützgiesserei, parallel zu ersterer, steht

h) Die Schmiede- und Maschinenwerkstätte (Objekt XX, Blatt **714**), ein 101 Klafter langes Gebäude mit einem Mitteltrakt und 2 Flügeln.

Das Mittelgebäude enthält im Souterrain das Kesselhaus und zu ebener Erde den Maschinenraum; in dem einen Flügel befindet sich die Schlosser- und Maschinenwerkstätte, in dem andern die Schmiedewerkstätte mit 12 Feuern. Der erstere ist mit einer Holzdecke versehen, welche in der Längenachse des 13 Klafter breiten Saales durch eine Reihe eiserner Säulen unterstützt wird; der andere Flügel ist frei bis unter das Dach.

An den Enden der Flügel sind hervortretende Kopfgebäude errichtet, welche im Erdgeschoss Inspektionszimmer, eine Spänglerwerkstätte und Stiegen enthalten.

Diese beiden Kopfgebäude sowie das Mittelgebäude haben einen Stock für Kanzleilokale und einen Zeichnensaal.

Auch dieses Gebäude ist nach den Entwürfen von van der Nüll und von Siccardsburg erbaut.

i) Die Objekte XXVIII und XXX sind einfache Schuppen für Holz und Feuerlöschrequisiten.

Die Schiessstätte. (Objekt XXV.) Blatt **21** und **22** (Jahrg. 1866). — Diese Anlage mit den zugehörigen Kugelfängen, Zielerhütten u. s. w. liegt ausserhalb des Arsenals an der nordöstlichen Längenseite desselben.

Die eigentliche Schiesshalle ist ein rechteckiges Gebäude von $15^1/_4$ Klafter Breite und $20^1/_2$ Klafter Länge. An den 4 Ecken sind Lokale für den Dienst und Depôts angebracht; der übrige Raum ist mit 5 sehr flachen Satteldächern überdeckt, die auf eisernen Säulen ruhen und horizontal mit Eisenschliessen verbunden sind. Dadurch, dass die Dachsparren über den First hinaus verlängert wurden, erzielte man Oberlichte im Dache, welche mit Glasfenstern geschlossen wurden. Vier Kamine in der Halle machen das Lokal auch im Winter benützbar.

Die Zahl der Schiessstände ist acht. Diese Anlage hat den Zweck, die von den verschiedenen Truppen im Arsenale übernommenen Gewehre einzuschiessen, der Gewehrerzeugung den Vortheil zu gewähren, die zeitgemässen Versuche mit neukonstruirten Gewehren auszuführen und endlich den Offizieren und

der mit Kammerbüchsen versehenen Mannschaft der Garnison von Wien die Gelegenheit zu bieten, sich im Schiessen die möglichste Sicherheit zu verschaffen.

Das Gewehrläufe-Beschiesshaus. (Objekt XXVI.) — Dieses ausserhalb des Arsenals an der Westseite neben dem Depôt Nr. IV gelegene kleine Gebäude ist 11 Klafter lang, 7 Klafter breit und 4 Klafter 2 Schuh hoch. Es hat den Zweck, die Gewehrläufe in Bezug auf ihre Haltbarkeit zu probiren.

Seine innere Einrichtung besteht der Hauptsache nach aus einem gedeckten Manipulationsraume sammt Pulverkammern und einer Schiessbrücke, auf welcher 204 Gewehrläufe aufgelegt und gleichzeitig abgefeuert werden können. Gegenüber der Schiessbrücke befindet sich unter Dach ein Sandhaufen als Kugelfänger. Kanonenröhren werden auf der Simmeringer- und Steinfelder Haide tormentirt.

Die Gasanstalt. — Dieselbe liegt ebenfalls ausserhalb des Arsenalrechteckes zwischen der Raaber Bahn und dem Depôt VI. Es ist ein ebenerdiges Gebäude und enthält neben zwei Gasometern die nöthigen Räume für die Retorten, Reinigungsapparate, Heizraum, Kohlendepôt u. s. w.

Die Grundsteinlegung zum Baue des k. k. Artillerie-Arsenals fand am 21. Juli 1849 und die Schlusssteinlegung am 8. Mai 1856, also nach einer sechsjährigen Bauzeit, statt.

Heinrich Ritter von Förster.

Die grosse Rübenzuckerfabrik der Herren Lalouette & Komp.

zu Barberie bei Senlis.

Errichtet von der Maschinenfabrik der Herren **Cail & Komp.** in Paris.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **23—25.**)

Die auf den anliegenden Blättern dargestellte Runkelrübenzuckerfabrik kann als eine der besten Anstalten dieser Art betrachtet werden, welche in Frankreich in neuester Zeit erbaut wurden. Bei dem Besuch derselben überzeugt sich der Sachkenner sofort, dass dabei von Seiten der Erbauer alle Sorgfalt und die von ihnen gemachten Erfahrungen, so wie die neuesten Vervollkommnungen angewendet werden sind, um in grossem Massstabe mit ausserordentlicher Regelmässigkeit krystallisirten Zucker zu liefern, der sofort in den Handel kommen kann, da er in der That so weiss und schön krystallisirt, so durchsichtig und rein ist, dass man ihn dem umgeschmelzenen und raffinirten Zucker gleichstellen kann.

Die Gebäude dieser Fabrik sind geräumig, bequem und den darin vorkommenden Arbeiten zweckentsprechend eingerichtet. Das Hauptgebäude, worin sich die Maschinen, Bewegungs- und andere Apparate befinden, hat eine Länge von 70m0 und eine Tiefe von 22m50 im Lichten und ist durch eine Mittelwand der Länge nach in zwei Theile getheilt; an den Enden springen rechtwinklich zwei Flügel von 30m0 Länge und 10m0 Tiefe vor, von denen der rechtseitige für die Direktion und die Bureaux, der auf der linken Seite aber für Magazine, für eine Cantine der Arbeiter und für Wohnungen einiger Beamten bestimmt ist. Dieser Flügel und das Hauptgebäude schliessen einen geräumigen Hof von 50m0 und 30m0 ein, auf welchem sich die Wagen für die Zufuhr und die Abfuhr der Waaren bewegen.

Das Material dieser Fabrik ist so bedeutend, dass in drei, höchstens vier Monaten 15 bis 20 Millionen Kilogramm Zuckerrüben verarbeitet werden können und folglich mehr als eine Million Kilogramm weisser Zucker erzeugt wird. Es besteht in dem Erdgeschosse aus den Wasch- und Reibapparaten, den Schrauben- und hydraulischen Pressen, den Monte-jus, den Kohlenfiltern und den Centrifugalturbinen, so wie auch den Dampfmaschinen, die zur Bewegung der verschiedenen Apparate dienen; in besonderen Sälen befinden sich die Dampfkessel, die Behälter und Zisternen, die Beinschwarzfabrik, die Wäscherei für die Säcke, ein Magazin für die Abfälle u. s. w.

In der obern Etage findet man die Läuterungspfannen und die Schaumpressen, die Karbonisirungspfannen, Saftbehälter, die Verdampfungsapparate mit

dreifacher Wirkung und die Vakuumpfannen, welche in grossen Dimensionen konstruirt das Kochen auf Korn gestatten. Das Zuckermagazin befindet sich in einem grossen geschlossenen Saale an der Seite.

Behandlung der Runkelrübe. — Zum Ausziehen des Saftes aus der Runkelrübe bedient man sich der drei verschiedenen Operationen des Waschens, des Reibens und des Pressens in verschiedenen Graden.

In der Fabrik von Barberie ist die Werkstatt für das Waschen, welche an der rechten Seite des Gebäudes liegt, geräumig genug, um zwei Apparate und die grosse Anzahl von Rüben, die man in einem Tage verarbeiten kann, zu enthalten. Ein solcher Apparat besteht aus einem grossen Zylinder aus Latten oder durchbrochenem Bleche (Fig. 1 und 2) von 1ᵐ10 Durchmesser bei 3ᵐ0 Länge, worunter sich ein grosser Rumpf mit schrägen Wänden befindet, in welchen die Steine und die Erde fallen, die sich von den Rüben mittels eines Wasserstromes losmachen, den man während seiner Umdrehung in den Zylinder leitet, und welcher sie in einen breiten Kanal ausserhalb des Gebäudes führt. Die Achse des Zylinders ruht auf ziemlich hohem Gestell, damit die herauskommende Rübe direkt über eine schiefe Ebene zu dem Reibapparat geführt wird.

Bei jedem Waschapparat ist ein Fussboden und eine Treppe angelegt, damit die Arbeiter hinaufsteigen und die Rüben durch eine weite runde Oeffnung in die Zylinder werfen können. Die Waschapparate müssen nothwendiger Weise in einem abgesonderten Raume untergebracht werden, welcher zugleich als Rübenmagazin dient und an welchen ein anderer Raum stösst, welcher den ausgepressten Brei oder die Treber aufnimmt, welche ein gutes Viehfutter geben.

Die Reibemaschine hat Schuhe an den automatischen drei Stössern, welche die Rüben zwingen sich gegen die Sägeblätter der zylindrischen Trommel C zu drängen. Der Durchmesser der Trommel der ersten Reibmaschine beträgt 0ᵐ70, ihre Breite 0ᵐ90; die zweite Reibemaschine hat eine geringe Breite und nur zwei Stösser.

Die Geschwindigkeit der Waschzylinder ist nicht grösser als 26 bis 28 Umgänge pro Minute, die der Reibmaschine dagegen ist viel bedeutender, denn sie macht bis 1000 Umgänge pro Minute. Es ist von Wichtigkeit, dass diese Geschwindigkeit sehr gross ist, während die Stösser sehr langsam vorgehen, denn es muss schnell gearbeitet werden und man muss sehr feinen Brei erhalten. Zu diesem Behuf sind die Zähne der Sägeblätter sehr nahe aneinander und nicht tief eingeschnitten; auch liegen die Blätter sehr nahe zusammen und springen nur wenig über die Mantelfläche der Trommel hervor. Der ohne Unterbrechung auf die letztere während der Umdrehung fallende Wasserstrom reinigt die Zähne und durch Endosmose einen Theil des Zuckers ausziehend, macht er den Saft weicher und ausgiebiger.

Wie wir später sehen werden, wird die Bewegung dieser Apparate durch die liegenden Wellen a, a^1 und a^2 mitgetheilt, welche von Hölzern getragen werden, die sich in der Höhe des obern Stockes befinden und mit den Gebäudemauern verbunden sind.

Der aus den Reibmaschinen hervorgehende Brei wird von einer Art von metallenen Bassin aufgenommen und unmittelbar in wollene Säcke gebracht, um unter die in geringer Entfernung davon liegenden Pressen zu kommen. Diese sind zweierlei Art, und zwar Schraubenpressen zu einer ersten sehr flüchtigen Pressung, und hydraulische Pressen mit sehr energischer Wirkung und mit der Begabung die grösste Quantität Saft auszuziehen. Fig. 5 und 6 Blatt 24 geben eine Ansicht und einen Grundriss dieser Presse.

Wie man sieht, besteht dieselbe aus einem grossen gusseisernen Tisch D von 2ᵐ20 Länge und 1ᵐ10 Breite, an dessen Oberfläche mehrere Rinnen angebracht sind, welche den Saft aufnehmen und ihn in grosse Kanäle unter dem Boden leiten. Die Schraube steht auf einem grossen gusseisernen Würfel D^1, der mit seinem Fusse an einem Grundblock verbolzt ist. Auf dem Tische stehen vier schmiedeiserne Säulen b, die oben mit einem rechtwinkligen gusseisernen Balken D^2 verbunden sind, welcher der Pressplatte D^3 zur Führung dient, in deren Mitte das untere Ende der Schraube mit doppeltem Gewinde c befestigt ist.

Diese Schraube, deren Durchmesser nicht weniger als 0ᵐ120 stark ist, muss mit ihrer Platte auf und niedergehen, zu welchem Zweck ihre kupferne Mutterschraube c' in die Nabe eines horizontalen Rades d mit schraubenförmigen Zähnen eingelassen ist, worin eine Schraube ohne Ende d' eingreift, die an die Achse geschmiedet ist. Die letztere, welche von Sup-

ports des Balkons D^1 getragen wird, verlängert sich nach aussen, um an jedem Ende die festen Rollen *s*, welche 0m08 Breite und 0m325 Durchmesser haben, und ausserdem die losen Rollen *s'* von gleichem Durchmesser, jedoch zweimal so breit, aufnehmen; es sind also zwei Treibriemen vorhanden, der eine über Kreuz, der andere flach. Diese Einrichtung hat den Zweck das System nach Belieben, bald von der einen, bald von der andern Seite zu bewegen, um abwechselnd das Steigen und Fallen der beweglichen Platte zu bewirken und sie nöthigenfalls auch ruhen zu lassen. Zu diesem Zweck ist ein sinnreiches Ein- und Ausrückungssystem angebracht, um einen der Treibriemen über die feste Rolle z. B. und den andern über die lose Rolle gehen zu lassen und umgekehrt; oder aber man kann nöthigenfalls die beiden Treibriemen gleichzeitig über ihre resp. losen Rollen laufen lassen, um die Bewegung der Schraube und der Platte gänzlich einzustellen. Es erhalten demnach die beiden Einrückungsgabeln *ff*, die an derselben horizontalen Stange *g* jedoch in entgegengesetzter Richtung ihren Sitz haben, von dieser Stange eine hin- und hergehende Bewegung nach rechts oder links mittels eines Hebels mit Gegengewicht g^1, dessen kurzer Arm durch ein Gelenk mit dem obern Ende der senkrechten Stange g^2 verbunden ist, die mit einem Griff endigt, den der mit der Speisung der Presse betraute Arbeiter ergreifen kann. Zieht dieser z. B. an der Stange, so geht die rechtseitige Gabel *f*, gegenüber der festen Rolle, und die linkseitige lose Rolle *e'* gegenüber ihrer losen Rolle *s'* vor; das Gegentheil geschieht, wenn die Stange von unten nach oben gedrückt wird. Hält er sie aber in einer Zwischenstellung, wie die in Fig. 5, so befinden sich die beiden Laufbänder auf den losen Rollen und folglich findet keine Bewegung statt, der Apparat bleibt stehen. Um zu vermeiden, dass sich das System während des Ganges nicht verrücken kann, drückt eine mit Feder und Griff versehene Klinge g^3 auf die vertikale Stange und stellt sie fest, so dass sie sich nicht auf und abwärts bewegen kann.

Nachdem die mit dieser Verrichtung betrauten Arbeiter den Brei in Leinensäcke gebracht, schichten sie sie nach und nach auf dem Tisch einer jeden Presse auf, werden aber durch Hürden oder mit vielen Löchern versehene Pressplatten voneinander getrennt. Ist eine Säule aufgerichtet, was in sehr kurzer Zeit stattfindet, so lässt ein Arbeiter das Einrückungssystem durch den Treibriemen an, welcher das Niedergehen bedingt, um den nöthigen Druck auf die Säcke auszuüben.

Es ist leicht begreiflich, dass diese Operation wegen der den Organen mitgetheilten raschen Bewegung sehr schnell vor sich geht. Es wird freilich bei weitem nicht aller Saft der Rübe ausgepresst, immerhin aber beträgt das Erträgniss 38 bis 40 Prozent und mehr, was schon bedeutend ist, so dass man mit zwei solchen Pressen der Speisung von acht tüchtigen hydraulischen Pressen genügen kann.

Die Bewegung wird diesen Pressen durch die Wellen a^2 mitgetheilt, welche sie mittels eines konischen Triebes *x* von der grossen Triebwelle *a* (Blatt **23** Fig. 1) empfangen.

Die auf diese Weise ein erstesmal gepressten Säcke werden nun in grösserer Anzahl auf den Tisch über den hydraulischen Pressen gebracht, wo sie einen viel kräftigeren, jedoch auch viel langsameren Druck erhalten, denn wollte man sehr stark oder zu schnell drücken, so liefe man Gefahr den Stoff zu zerreissen und man liesse dem Saft keine Zeit mehr zum Abfliessen, je nachdem er frei wird.

Fig. 7 (Blatt **24**) ist ein senkrechter Durchschnitt durch die Mitte des Arbeitszylinders der hydraulischen Presse; Fig. 8 ein horizontaler Durchschnitt davon nach der Linie 5 — 6 in Fig. 7; Fig. 9 eine Seitenansicht, und Fig. 10 Grundriss des obern Balkens oder der obern festen Platte.

Dieses ganze System ist senkrecht und besteht aus einem grossen gusseisernen Zylinder *E* von 0m525 äusserem Durchmesser, 0m100 Stärke und 2m230 ganzer Höhe mit Einschluss des Bodens; er ruht mit seinem obern Theil, der einen Absatz bildet, auf einer starken Grundplatte *F*, woran Laschen und Rippen angegossen sind, welche ihm die möglich grösste Festigkeit geben.

Diese Platte oder untere Balken ist durch vier schmiedeiserne Zugstangen F^1 mit dem obern Balken F^1 verbunden, welcher ebenfalls aus Gusseisen mit Rippen besteht. Die Mechaniker haben bei dieser Presse die Anwendung von Splinten und Schraubenbolzen zur Befestigung der Zugstangen vermieden, haben es dagegen vorgezogen diese an den Enden

mit Verstärkungen zu versehen (Fig. 9) womit sie die Stärke der Balken umfassen.

Um ihre Einführung zu erleichtern, brauchte man nur zwischen den Laschen und diesen letzteren eine grössere Breite anzuordnen als die ist, welche ihrem doppelten Querschnitt korrespondirt, und nach geschehener Einstellung starke hölzerne oder gusseiserne Keile *h* dazwischen zu legen, welche ihr Zusammenrücken verhindern.

Der Kolben *E'* der Presse ist nichts anderes als eine starke gegossene hohle und abgedrehte sehr genau zylindrische Stange von 0m30 Durchmesser, welcher der ausgebohrten Oeffnung des Arbeitszylinders korrespondirt, welcher mit seiner umgebogenen Liderung versehen ist. Dieser Kolben verjüngt sich nach oben etwas, und trägt den gusseisernen Tisch *E''*, womit er durch einen Stift verbunden ist. Auf diesen Tisch oder diese bewegliche Platte schichtet man alle Pressbeutel auf, die schon in der Schraubenpresse einmal gepresst worden sind, und legt stets Hürden oder dünne Metallplatten auf sie. Damit beim Niedergehen alles seinen gehörigen Gang gehe, hält man die Pressbeutel mittels der eisernen Schienen *i*, welche man durch die rechtwinkligen Oeffnungen des obern Balkens einführt; auf der beweglichen Platte stecken sie in den Einschnitten, welche den obern Oeffnungen korrespondiren.

An dem Umfang dieser Platte sind Rinnen zum Abzug der Flüssigkeit, die am Ende durch eine Seitenröhre in grosse unterirdische Kanäle unter dem Boden abfliesst, in denen sich der ganze Saft sammelt, der von den verschiedenen Pressen kommt.

Nach 10 bis 12 Minuten einer ununterbrochenen Pressung, die sich im Ganzen auf mehr als 200 Atmosphären erheben kann, lässt man das Pressen nach, um die Pressbeutel herauszunehmen und ihre Lage zu ändern, indem man sie zu zwei und zwei zwischen die Pressbleche legt, um den Brei einer neuen Pressung zu unterwerfen, die manchmal kräftiger ist als die erste. Auf diese Weise gelangt man dahin 80 Prozent Saft aus der Rübe zu ziehen.

Da der Durchmesser des Kolbens 0m30 beträgt, so ist der Querschnitt gleich 0m70626, oder in runder Zahl 7070 Quadratcentimeter; wenn man den höchsten Druck von 200 Atmosphären annimmt, was 206k 60 pro Quadratcentimeter entspricht, so ist die Belastung auf den Kolben und folglich auf die Pressplatte

$$706{,}86 \times 206{,}6 = 14603 \text{ Kilogrammes.}$$

Da nun die Säcke und Kuchen, die zwischen die Platte und den Balken gepresst und zwischen den eisernen Führungen *i* enthalten sind, je einen Flächeninhalt von beiläufig 40 Quadratdecimetern enthalten, so geht daraus hervor, dass der ausgeübte Druck 36 bis 37 Kilogramm pro Quadratcentimeter beträgt. Wenn man bei einer zweiten Pressung die ganze Belastung auf 300 Atmosphären steigert, so kann sich der Druck auf jeden Quadratcentimeter der Pressplatte auf 54 bis 55 Kilogramm belaufen.

Um zu verhüten, dass bei dieser Manipulation irgend etwas verdorben wird, ertheilt Payen den Rath die Säcke von Zeit zu Zeit in Wasser mit einer Lösung von 2 bis 3 Tausendstel Tanin zu tauchen. Diese Vorsicht, sagt er, ist besonders dann nothwendig, wenn die Runkelrüben schon etwas angegangen sind.

Injektionspumpen. — Zum regelmässigen Gang der hydraulischen Pressen ist es durchaus nothwendig, dass die jeden Arbeitszylinder speisenden Injektionspumpen sehr gut eingerichtet sind, so dass das Spiel der Ventile unter den besten Verhältnissen vor sich geht und die Grenze des Druckes genau bestimmt wird, damit sich kein Unfall ereignet.

Die in der Fabrik Cail ausgeführten Apparate dieser Art sind wohldurchdacht und dabei sehr einfach konstruirt, wie aus den Fig. 11 bis 16 (Blatt 24) zu ersehen ist. Es sind deren sechs mit einem einzigen gusseisernen Troge *G*, aus dem sie das zur Speisung der hydraulischen Pressen erforderliche Wasser schöpfen. Zwei solche Apparate genügen also, um zwölf Pressen zu speisen, wie die im Grundriss angegebenen sind.

Eine Eigenthümlichkeit in der Konstruktion dieses Systems besteht in der Anordnung der beiden Druckkolben für jede Pumpe. Diese Kolben, die in der Verlängerung des einen von dem andern liegen, bilden nun eine einzige und dieselbe Stange mit einem grösseren Durchmesser am obern Theile; der starke Kolben hat 0m048 im Durchmesser, oder 18cq Durchschnitt, während der kleine nur 0m012, also einen sechzehnfach geringeren Querschnitt hat. Sie gehen beständig miteinander, doch ist der Mechanismus in der Art angeordnet, dass, wenn der Druck auf einen

gewissen Grad gelangt ist, ein kleiner besonderer Kolben oder senkrechter Stempel das Gegengewicht hebt, das er trägt, und mittels einer Stange oder eines Hebels die Saugpumpe des starken Kolbens hebt, die alsdann zu wirken aufhört. Dieselbe Wirkung wird durch einen ähnlichen Mechanismus auf den kleinen Kolben hervorgebracht, wenn der höchste im Voraus bestimmte Druck erreicht ist.

Fig. 11 ist ein senkrechter Schnitt durch die Achse des einen Pumpenstiefels; Fig. 12 ein horizontaler Schnitt in der Höhe der Linie 7—8; die Fig. 13, 14, 15 und 16 stellen die verschiedenen Ansichten des Regulirungsmechanismus dar, von welchem die Rede war. In diesen Figuren hat nur ein sehr kleiner Theil des Troges *G* angegeben werden können, auf welchem das ganze System der sechs Pumpenstiefeln und ihres Zubehörs liegt. Dieser Trog ist nichts anders als ein grosser viereckiger Kasten von Gusseisen, der auf allen Seiten geschlossen ist, und an dessen Rändern zwei Gerüste angebracht sind, die an ihrem Kopf die Triebwelle tragen. Die eisernen Stangen, durch welche diese Welle ihre Bewegung fortpflanzt, verbinden sich an ihrem untern Theile mit einem eisernen Bügel, der an dem Kopf der Kolben mittels eines freien die Verbindung gestattenden Bolzens befestigt ist.

Jeder Pumpenstiefel *H* ist von gegossenem Messing mit Ohren, die zur Befestigung an den Trog dienen, und hat mehrere kleine Kanäle, durch welche das angesaugte und gedrückte Wasser fliesst. Der grosse Kolben *I* spielt in dem obern Theil, der mit einem doppelten gestauchten Leder gelidert ist, das durch einen starken Schraubenbolzen gepresst wird, und der kleine Bolzen *j* ist eben so in dem untern Theil angebracht, welcher einen geringern Durchmesser hat.

An den Seiten sind zwei Ansatzröhren angebracht, an deren eine, an die untere links, das Saugrohr *k* angesetzt ist, das in den Trog reicht und an seinem obern ein Kegelventil hat, während sich an dem andern, dem rechten, das Druckrohr *l* befindet, welches das Wasser zu der hydraulischen Presse führt, das aber durch den Apparat des Pressregulators fliesst.

An dem untern Ende des Pumpenstiefels ist noch ein zweites Saugrohr *k'* angebracht, das ebenfalls in den Trog reicht und auch mit einem Ventil zum Spiel des kleinen Kolbens versehen ist.

Aus dieser Anordnung bemerkt man schon, dass die beiden Kolben, wenn der Apparat in Thätigkeit gesetzt ist, durch ihre resp. Röhren *k* und *k'* zusammen ansaugen, wenn sie sich heben, und dass sie, wenn sie zurückgehen, ebenso das Wasser drücken das sie angesaugt haben. Dieses Wasser wird zum Theil durch den innern linkseitigen Kanal geleitet, der in Verbindung mit dem ersten Rohr *k* gesetzt, rechts verlängert ist, um an die Ansatzröhre zu stossen, welche das Ausflussrohr *l* aufnimmt; zum Theil geht es aber durch den senkrechten, rechtseitigen innern Kanal, welcher ebenfalls an dieselbe Ansatzröhre stösst.

Es ist zu bemerken, dass diese Ansatzröhre, wie aus Fig. 12 ersichtlich, erweitert ist, um ohne sie zu vereinigen, die beiden Kanäle aufzunehmen, welche an ihrem obern Theil jede mit einem sogenannten Druckventil versehen sind; unter diesen Ventilen, wie auch über dem ersten Saugventil sind die Schraubenstöpsel *m*, welche man wegnehmen kann, um das Innere zu untersuchen wenn es nothwendig ist.

Bisher ersieht man, dass das System genau denselben Zweck erfüllt als die gewöhnliche Saug- und Druckpumpe; da es aber zur Vermeidung von Unfällen von Wichtigkeit ist den Grenzdruck nicht zu überschreiten, bis zu welchem die Presse arbeiten kann, so ist der Regulirungsapparat angebracht worden, der Fig. 13 und 14 in senkrechtem und Fig. 15 und 16 in horizontalem Durchschnitt dargestellt ist. Dieser Mechanismus ist sehr einfach und bildet den interessanten Theil des Apparats. Er besteht aus einem bronzenen Theil *I* mit doppelter Röhre, welcher einerseits die Verlängerung der Druckröhre *l* und anderseits die Röhre von gleichem Durchmesser *l'* aufnimmt, die zur hydraulischen Presse (Fig. 9) geht, um das gedrückte Wasser unter den Kolben *E'* zu leiten.

Wenn die Presse im Gange ist, so verbinden sich diese beiden Röhren *l* und *l'* und bilden in der That nur eine einzige; das durch die Pumpe gedrückte Wasser kann direkt zur Presse fliessen, indem es um den untern Theil des schraubenförmigen Stöpsels *n* geht, welcher (Fig. 13 und 14) auf den konischen Rand des mittlern Kanals *n'*, der in den Trog geht, niedergelassen ist. Wenn man anhalten will, so öffnet man diesen Kanal, indem man den Stöpsel mit der Hand dreht, vermittelst des kleinen Schwungrades *n²*, das

an seinem Kopf angebracht ist; das Wasser der Presse kann alsdann in den Trog zurücklaufen. Der Stöpsel *n* schliesst den obern Theil ganz hermetisch, weil er in eine Schraubenbüchse geht, die sich gegen eine doppelte Liderung von Leder legt.

An jeder Seite dieses mittlern Kanals sind zwei andere kleine parallele Kanäle ausgebohrt, worin die massiven Kolben oder Stempel *o o'* laufen, die sich unten mit einem senkrechten Stabe endigen. Das abgerundete Ende dieses Stabes stützt sich auf das Ende des kleinern Armes eines eisernen Hebels *K* (Fig. 17), der sich etwas um sich selbst schwingen kann und am andern Ende ein starkes Gegengewicht *p* trägt, das im Stande ist, einen bestimmten Druck ertragen zu können. Eine senkrechte Stange *q*, die sich in dem Innern des Saugrohres bewegt und mit ihrem untern Theil auf dem Hebel ruht, verlängert sich bis unter das Saugventil, das sie beinahe berührt, wenn dieses in Ruhe ist.

Der eine der beiden Kolben *o* korrespondirt dem Hebel, der mit einem Gewicht belastet ist, das dem grössten Druck, unter welchem der grosse Kolben *I* arbeitet, d. h. 30 bis 40 Atmosphären z. B. das Gleichgewicht halten muss; der andere *o'* korrespondirt dem Hebel, den man mit einem bedeutenden Gewicht belastet, um dem Druck von 200 Atmosphären das Gleichgewicht halten zu können, die man als die Grenze der Belastung voraussetzt.

Sobald also der Druck die erste Ziffer erreicht hat, beginnt er so stark zu werden, dass der Stempel *o* niedergeht, welcher, sich auf den dem grossen Kolben korrespondirenden Hebel legend, ihn nöthigt zu oscilliren und folglich die senkrechte Stange *q* zu heben, welche eben dadurch das Saugventil gehoben hält. Die Folge davon ist, dass von diesem Moment an das ganze von dem Kolben *I* angesaugte Wasser unmittelbar in den Trog zurückgeht, anstatt zur Presse. Während dieser Zeit setzt der kleine Kolben *j* seine Arbeit fort, weil der ihm korrespondirende Hebel, der eine viel grössere Last trägt als der erste, sich nicht bewegt, denn der Stempel *o'* kann ihn nicht zum Oscilliren bringen, als bis er den höchsten Druck von 200 Atmosphären empfängt.

Da der Durchmesser der Stempel 0 und 0' = 0^{m}018 ist, so hat der Querschnitt 2^{cq}546, folglich muss ihn der Hebel, um 40 Atmosphären oder 41,32 Kil. pro Quadratcentimeter das Gleichgewicht zu halten, belasten mit

$$2{,}546 \times 41{,}32 = 105^{k}2.$$

Wenn man das Verhältniss wie 1 zu 10 zwischen dem kleinen Arm des Hebels, der den Stempel aufnimmt, und dem das Gegengewicht tragenden grossen Arm annimmt, so braucht man den letztern nur gleich 10^{k}52 zu machen; der Hebel von dem von 0' muss, um 200 Atmosphären oder 206^{k}60 pro Quadratcentimeter das Gleichgewicht zu halten, eine Belastung hilden von

$$2{,}546 \times 206{,}6 = 526 \text{ Kilogr.}$$

Da die beiden Hebelarme in dem Verhältniss wie 1 : 20 stehen, so genügt es, dass das an dem Ende des grössten angebrachte Gegengewicht $^{1}/_{20}$ dieser Belastung oder 26^{k}30 habe.

Bei einer solchen Einrichtung kann man mit der grössten Sicherheit arbeiten, ohne Brüche zu befürchten, welche oft aus Nachlässigkeit oder Vergessenheit entstehen könnten, wenn man sich auf die fortwährende Ueberwachung eines Arbeiters verlassen wollte.

Moter und Uebertragung der Bewegung. — Bevor wir die verschiedenen Apparate zur Behandlung des Zuckersaftes beschreiben, dürften einige Erläuterungen über die Dampfmaschine und die Fortpflanzung der Bewegung vorangehen müssen.

Die bei *L* (Fig. 1 Blatt 23) aufgestellte Dampfmaschine ist eine horizontale, hat eine Nominalkraft von 25 Pferden mit einer Normalgeschwindigkeit von 70 Umgängen pro Minute; sie arbeitet mit Hochdruck, veränderlicher Expansion und ohne Kondensation. Die beiden Schwungräder *r*, die an der gekröpften Welle gehen, dienen als Getriebe, um durch zwei Kreuzbänder die Bewegung auf die grosse Welle *a* zu übertragen. Der Durchmesser dieser Schwungräder ist 2^{m}50 und der der beiden Rollen *r'*, die sie in Bewegung setzen, die Hälfte davon, so dass die Geschwindigkeit der Welle *a* pro Minute 140 Umgänge beträgt. An der Seite des einen, in der Verlängerung derselben gekröpften Achse, ist eine kleine Rolle *s*, welche nur 0^{m}60 Durchmesser hat und auch ihre Bewegung durch ein Kreuzband auf ein Rad von 2^{m}0 überträgt, das an dem Ende der grossen Achse *a'* angebracht ist, die also nur mit der Geschwindigkeit von 21 Umgängen pro Minute sich bewegt.

Diese verminderte Geschwindigkeit ist für die Waschzylinder *A* erforderlich, deren Umdrehung im Verhältniss zu der der übrigen Organe sehr langsam ist. Die Räder s^1, die an dieser Welle a^1 angebracht sind, um die s^2 der Waschzylinder zu bewegen, sind etwas grösser als diese letztern und zwar in dem Verhältniss wie 1m90 zu 1m45, was für diese letzteren 27 Umgänge pro Minute ergibt.

Die dritte Mittelwelle a^2, welche besonders für die Reibmaschinen bestimmt ist und schon desshalb eine beträchtliche Geschwindigkeit haben muss, empfängt ihre Bewegung von der ersten Welle *a* durch die grossen Räder *t* und *t'*, deren resp. Durchmesser 2m80 und 1m40 betragen, was folglich eine Geschwindigkeit von 280 Umgängen pro Minute an der Welle a^2 gibt. Da nun die Räder *u*, welche sie trägt, 1m85 und die u^1 an der Achse der Trommel des Reibers bloss 0m52, so folgt, dass die Umdrehung dieser letzteren bei 1000 Umgänge pro Minute beträgt.

Was die Stösser betrifft, welche sehr langsam gehen müssen, so macht die Achse des Exzentriks, welcher sie gegen die Trommel drückt, nur 4 bis 5 Umgänge pro Minute; sie wird dann durch die Zwischenwelle a^1 mittels kleiner Rollen *v* bewegt, welche nur 0m25 im Durchmesser haben, während die v^1, die an der Achse der Exzentriks angebracht sind, wenigstens 1m0 messen.

Wir haben gesehen, dass die Mechaniker zur Bewegung der Schraubenpressen Transversalachsen a^3 angeordnet haben, wovon die eine die Bewegung von der Achse *a* durch ein Paar Winkelräder *x* empfängt und sie auf die andere durch das Rad x^1 überträgt, so dass ihnen dieselbe Geschwindigkeit gegeben wird. Zwei Rollen *y* von gleichem Durchmesser sind an jeder dieser Achsen angebracht, um denen bei *e* und e^1 zu korrespondiren, die sich an der Achse einer jeden Presse befinden.

Die beiden Reihen von Injektionspumpen endlich empfangen ebenfalls ihre Bewegung von derselben Achse *a* durch die Räder r von 0m85 Durchmesser, welche mit denen bei r^2 von doppeltem Durchmesser und an der Achse dieser Pumpen angebracht, korrespondiren.

Behandlung des Saftes. Erzeugung des körnigen Zuckers. — Die Behandlung des zuckerhaltenden Saftes, den man durch die vorstehend beschriebenen Maschinen erhalten, erfordert zur Verwandlung in krystallisirten Zucker eine Reihe von aufeinander folgenden Operationen, welche besonders in den letzten Jahren sehr wichtige Veränderungen erlitten haben. Sie bestehen in:

1. einer ersten Erwärmung des Saftes und seiner Läuterung,
2. einer ersten und zweiten Karbonitation nach dem neuen Verfahren der Herren Postoz und Périer,
3. dem Filtriren des Saftes,
4. der Verdampfung im Apparate mit dreifachem Effekt,
5. dem Einkochen des Sirops in Vakuumpfannen
6. der Klärung und Abtropfung mit Zentrifugal apparaten.

Erste Erwärmung und Läuterung. — Der Saft muss aus den Pressen kommend gereinigt und schnell erwärmt werden, um die spontanen Alterationen zu verhindern, welche in der Flüssigkeit entstehen könnten, besonders vor der Läuterung, wenn sie noch alle die stickstoffhaltigen Stoffe enthält, welche die Entwicklung der Gährung begünstigen.

„Eine gut eingerichtete Fabrik, sagt Payen, muss der Art beschaffen sein, dass gar kein Saft sich irgendwo lange aufhält, bevor er in die Läuterungspfannen gelangt. Man muss sich ausschliesslich metallener Gefässe mit abgerundeten Ecken bedienen, die man in allen ihren Theilen sorgfältig und unverzüglich reinigen kann. Damit der Saft vor der Gährung bewahrt werde, so bringt man so schnell als möglich seine Temperatur über 60° und schreitet dann sogleich zu seiner Läuterung.

Zu diesem Behuf setzt man dem durch Dampf erwärmten Saft beiläufig 5 Kilogramm, vorher mit 1000 Kil. Wasser gelöschten Kalk hinzu. Man lässt die Temperatur der Mischung bis zum Sieden steigen, dann unterbricht man das Einströmen des Dampfes und lässt den klaren Saft, der sich zwischen der Schaumdecke und den Niederschlägen am Boden des Kessels befindet, ab.

Saftpumpe. (Monte-jus). Der Saft wird zuerst in weiten Kanälen, welche alle Pressen in Verbindung setzen, zu einem sehr einfachen Apparat geführt, den man in den Zuckerfabriken häufig verwendet und unter dem Namen Monte-jus bekannt ist. Er ist in Figur 18 in grösserem Maasstabe dargestellt und ist nichts

anderes als ein oben geschlossener Zylinder *M* von ungefähr $1^{m}20$ Durchmesser bei $2^{m}0$ Höhe, der sich in einer Aushöhlung des Bodens befindet, welche so geräumig ist, dass man ihm zukommen kann. Es ist bekannt, dass dieser Apparat mit Vortheil die Hebepumpe ersetzt, indem er viel schneller arbeitet und die Temperatur der Flüssigkeit bereits erhöht. Er ist an einer Seite mit einem durch einen Hahn geschlossenen Rohr *a* versehen, das mit dem, alle von den Pressen kommenden Kanäle verbindenden Hauptkanal in Verbindung steht; an seinem obern Theil ist er mit einer senkrechten Röhre *b* versehen, welche bis zum obern Stock reicht und in die Läuterungspfannen führt. Dieselbe Röhre nimmt eine Röhre mit Hahn *c* auf, wodurch eine Verbindung mit einem der Dampfkessel bewirkt wird.

Der Apparat arbeitet auf folgende Weise. Wenn man durch Oeffnen des Hahnes *c* den Dampf eintreten lässt und den Hahn *a* schliesst, so kondensirt er sich beinahe unmittelbar und bildet den luftleeren Raum, so dass, wenn man den ersten Hahn schliesst und den zweiten öffnet, der Saft sofort in den Zylinder stürzt und ihn auffüllt. Sobald man nun einen der Hähne öffnet, die in der Verlängerung der Röhre *b* nächst den Läuterungspfannen angebracht sind, erhebt sich die Flüssigkeit und ergiesst sich in die Pfanne selbst, deren Hahn geöffnet ist.

Die Monte-jus für den Schaum und den Sirop sind auf dieselbe Weise eingerichtet, jedoch mit geringeren Dimensionen.

Läuterungspfannen. — Dieser mit *N* in den Plänen bezeichneten Apparate gibt es fünf mit einem Inhalt von 17 bis 18 Hektolitern und einem Durchmesser von $1^{m}50$ bei einer Höhe des kupfernen zylindrischen Theils von beiläufig $0^{m}70$ und des sphärischen untern Theils von $0^{m}75$. Alle haben einen doppelten Boden; die äussere Kalotte ist von Gusseisen, die innere aber von Rothkupfer wie der obere zylindrische Theil, dessen Stärke bloss 2 Millimeter beträgt; der sphärische Boden hat eine Stärke von 6 Millimetern *); der äussere Boden aber, der aus Gusseisen ist, hat nicht weniger als 22 Millimeter.

Diese Pfannen stehen in geringer Entfernung über den Pressen auf einem zweiten Boden, der wie der erste von gusseisernen Säulen N^{1} getragen wird. Der in ihren Doppelboden eindringende Dampf hat einen Druck von 5 Atmosphären, was einer Temperatur von 153° entspricht; man kann also die Flüssigkeit bis auf jenen Grad erwärmen, den man für passend erachtet.

Diese Operationen, welche bei der Läuterung vorgenommen werden, sind hinlänglich bekannt.

Doppelte Karbonisirung von Périer und Possez. — Da es unsere Absicht nicht sein kann, die bei dieser Methode vorzunehmenden Operationen zu beschreiben, so beschränken wir uns auf die summarische Darstellung der dazu erforderlichen Apparate und verweisen hinsichtlich der ersten auf die betreffenden technischen Journale: Dingler's polytechnisches Journal, polytechnisches Centralblatt u. s. w., wo man sich nähere Belehrung darüber verschaffen kann, ganz besonders aber ist das in seiner Art einzige Werk von Armengaud: Publication industrielle. Vol. XV. hierbei zu konsultiren.

Wir beginnen mit dem Apparat, der zur Fabrikation des Kalkes und der Kohlensäure dient, und in der weiteren Fortsetzung werden wir die Karbonirungspfannen etc. beschreiben.

Der Kalkofen ist auf Blatt 25 dargestellt, und zwar Fig. 19 im Durchschnitt und Fig. 20 im Grundriss in der Höhe der Feuerungen. Er ist in grossen Dimensionen konstruirt, denn sein Durchmesser an der Basis hat $1^{m}50$ und die Höhe beträgt $5^{m}75$; er wird bedient von drei Feuerungen, die in gleichen Entfernungen angebracht sind und ein gleichseitiges Dreieck bilden. Der äussere Mantel *P* ist von gewöhnlichen Ziegeln und wird von eisernen Bändern umfasst; die inneren Wände sind von feuerfesten Ziegeln in einer Stärke von $0^{m}22$ nach der ganzen Höhe.

*) Die Stärke des kupfernen Bodens dieser Pfannen, welche denselben Bedingungen unterworfen sind als die Dampfkessel und einen dreifachen Druck dieser Effektive erleiden müssen, wird nach folgender Formel berechnet:

$$e = 1{,}1 \times d \times (n - 1) - 1$$

e bezeichnet die Stärke in Millimetern,
d „ den Durchmesser der sphärischen Kurve in Metern,
$(n - 1)$ bezeichnet den effektiven Druck in Atmosphären.

Folglich für $d = 1^{m}60$ und $n = 5$ Atmosphären hat man $e = (1{,}1 \times 1^{m}60 \times 4) - 1 = 6$ Millimeter

Die Roste *d* der Feuerungen sind 0m620 lang und 0m40 breit und haben einen Vorstoss von einer gusseisernen Platte von 0m30. Zwischen den Feuerungen bemerkt man breite Oeffnungen *e* zum Ausnehmen des Kalkes, welche während der Arbeit durch gusseiserne Thüren hermetisch verschlossen werden. Man heizt mit guten Kocks oder reiner Steinkohle; die Anwendung schwefelhaltender Brennmaterialien ist zu vermeiden, weil der Schwefel beim Brennen durch seine Verbindung mit dem Kalk schwefelsauren Kalk erzeugen würde, welcher in den Verdampfungspfannen Inkrustationen veranlasst.

Man beschickt den Ofen von oben, wo er mit einer gusseisernen Haube *f* bedeckt ist, in welcher sich ein blecherner Rumpf befindet, den man mit einem Deckel von demselben Metall, welcher auf einem mit einer Wasserschicht versehenen Sitz ruht, hermetisch schliesst.

Das Gas gelangt nach Massgabe als es sich entwickelt, in den obern Theil des Apparats und entweicht durch das Rohr *g*, das es zu dem Fuss eines Waschapparates *Q* Fig. 3 führt, wo es abgekühlt und gereinigt wird, bevor man es verwendet.

Dieser Waschapparat, welcher Fig. 21 im Durchschnitt dargestellt ist, besteht aus einem grossen cylindrischen Behälter *Q* von Gusseisen, der hermetisch geschlossen wird und innerhalb durch mehrere horizontale Diaphragmen *h* getheilt ist, die mit kleinen Löchern von 8 Millimeter Durchmesser und 5 Centimeter Entfernungen versehen sind. Die mit einem Hahn versehene Röhre *i* führt einen Wasserstrom herbei; sie steht mit dem Reservoir in Verbindung, das sich in der ersten obern Abtheilung befindet; es fliesst nach und nach von einer Abtheilung in die andere durch die Röhren j, j^1 und j^2, welche so eingerichtet sind, dass sie auf jedes Diaphragma nur eine dünne Wasserschicht laufen lassen.

Das Rohr *g* dringt in das Innere des Rezipienten mit einem durchlöcherten Ende ein und führt die Kohlensäure in die untere Abtheilung, wo das Gas zum erstenmale durch eine Wasserschicht, durch die es strömt, gereinigt wird, und nach und nach in die zweite, dann in die dritte und vierte Abtheilung sich erhebend, gelangt dieses Gas zu dem obern Theil des Gefässes, indem es durch drei andere Wasserschichten streicht und folglich eben so oft gereinigt wird.

Das mit kondensirbarem Gase und einigen Aschentheilen geschwängerte und durch das Gas allmählig erwärmte Wasser fliesst aus dem Gefäss durch ein Ueberwasserrohr *k*, das in Form eines umgekehrten Hebers gebogen ist.

Das in die Röhre der Haube des Apparats strömende Gas geht in die gusseiserne Röhre *l* über, der man denselben Durchmesser gegeben hat wie dem Zuflussrohr *g*, und von hier in die senkrechte Säule *R* (Fig. 1 und 3), die mit inneren Hindernissen versehen sind, welche die Wassertropfen und den mit sich führenden Staub aufhalten, die ihren Ausgang durch eine Seitenröhre haben. Es kommt also gereinigt und von fremden Körpern (mit Ausnahme der nicht kondensirbaren Gase, z. B. Sauerstoff und Stickstoff) befreit, in das horizontale Rohr *m*, durch welches es abwechselnd in das Wasser der Kessel S und S^1, Karbonationskessel (Fig. 3 und 4) genannt, abgeführt wird.

Es ist übrigens zu bemerken, dass die Kohlensäure, da sie schwerer ist als die atmosphärische Luft, nicht direkt in diese Kessel gelangen kann, wesshalb man dazu eine Saug- und Druckpumpe anwenden muss.

Die Saug- und Druckpumpe (Fig. 1, Blatt 23) ist ein Gebläsezylinder *T*, der von einer Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird. Die Einrichtung ist wie bei einem gewöhnlichen Windgebläse, d. h. der in dem Gebläsezylinder gehende Kolben, welcher seine Bewegung von den in dem Dampfkessel gehonden Kolben empfängt, saugt während des Ganges das Gas des Reinigers durch die Röhre *m* an, die bis über den Zylinder geht, und drückt ihn durch das Rohr m^1 in den Rezipienten *U*, der als Reservoir dient. Von diesem aus wird die Kohlensäure nach dem Willen des Werkführers in den einen oder in den anderen der Karbonisationskessel durch die gusseiserne Röhre *n* (Fig. 4) geleitet, welche darüber verlängert und mit mehreren Hähnen für jeden Kessel versehen ist.

Der Dampfmotor hat eine Nominalkraft von 12 Pferden und ist ebenfalls horizontal wie die erste daneben stehende Maschine für Reibapparate und die Pressen. Sie unterscheiden sich von derselben nur durch die in der Verlängerung des Dampfzylinders angebrachte Saug- und Druckpumpe.

Die Karbonationskessel, sechs an der Zahl, wovon drei für die erste und drei für die zweite Kar-

bonatisation, stehen in einer geraden Linie senkrecht auf der Linie der Läuterungskessel und in einer Etage unter diesen letztern. Jeder besteht (Fig. 22) aus einem blechernen Bassin S von zylindrischer Form mit sphärischem Boden und einem Inhalt von beiläufig 10 Hektoliter; ihr Durchmesser ist bei 1m0 Höhe 1m80 und die Blechstärke beiläufig 5 Millimeter. Mittels eines Schlangenrohres o, das mit dem Dampfgenerator in Verbindung steht und mit einem Hahn versehen ist, kann man die Flüssigkeit auf die gehörige Temperatur bringen, während der gabelförmige Arm des Rohres n, der im Centrum des Kessels mündet, die Kohlensäure dahin führt, welche sich durch die ganze Flüssigkeit vertheilt, indem sie durch die vielen kleinen Löcher der Diaphragmen p dringt. Ein starkes Rohr mit Hahn q ist nächst dem Boden jedes Kessels angebracht, um den Saft und den kohlensauren Kalk in die separirten Gefässe V und V^1 darunter zu leiten. Jedes dieser letztern hat eine Dekantirröhre r^4, die sich bis zum obern Theil erhebt, wo sie mit einem Schwimmer versehen ist und mit einem Hahn zum Ablassen des geklärten Saftes endigt.

Die drei Gefässe V nehmen also das Produkt der ersten Kohlensäurung auf und die sich darin ergiessende Flüssigkeit geht durch den Hahn der Röhre r^4 in die Rinne s^4 (Fig. 4), während die Niederschläge durch das Ventil t^4 (Fig. 22) an jedem Boden abgelassen und abwechselnd in einen der viereckigen Rezipienten X geleitet werden, welche im Erdgeschoss stehen, und wo diese Niederschläge durch Dampf gereinigt und wieder erwärmt werden. Hat sich der kohlensaure Kalk gehörig gesetzt, so zieht man aus diesen Gefässen das Waschwasser durch die Dekantirröhren ab, die daran auf dieselbe Weise angebracht sind als an den Bassins V, und der Niederschlag der Karbonate wird durch ein Monte-jus M^1 in das Schaumgefäss Y^1 gehoben, das in der oberen Etage steht; dasselbe ist mit Hähnen zur Vertheilung der Mischung in die Säcke versehen, die über dem Reservoir Y^1 abtropfen, bevor sie in die sogenannten Schaumpressen P'' übergehen, deren Druck sie mit dem Schaume ausgesetzt werden. Diese ganz einfach und sehr ökonomisch konstruirten Pressen sind nichts anderes als gewöhnliche Schraubenpressen, die man mit einem Hebel handhabt. In neuester Zeit hat man aber den Vorschlag gemacht, sie durch ein neues System zu ersetzen, wodurch die Anwendung der Säcke vermieden wird, und das wir im weiteren Verlaufe beschreiben werden.

Die Rinne s^4 führt den dekantirten Saft von der ersten Karbonisirung, sowie auch die Flüssigkeit (lavage) der Niederschläge in die drei Gefässe X (débourbeurs), die mit einer etwa 20 Centimeter starken Schicht altem Beinschwarz gefüllt sind, damit zur zweiten Karbonisation nur derjenige Saft kommt, welcher von allen farbigen Niederschlägen gänzlich gereinigt ist. Diese Filter sind rechtwinkliche Kasten von 5 Millimeter starkem Blech.

Die von diesen Filtern X abfliessende Flüssigkeit geht in den Monte-jus M^2, und von ihm bis zum Reservoir Z, welches dazu dient, die zweite Reihe der Karbonisirungskessel S^1 zu speisen. Diese letzteren sind genau so konstruirt wie die ersteren und ebenfalls mit einem Dampfschlangenrohr mit vielen kleinen Löchern versehen; auch sind sie von den rechtwinkligen Gefässen V^1 begleitet, welche die Produkte der zweiten Kohlensäuerung aufnehmen; an diesen Gefässen sind gleichfalls Dekantirungsröhren und Ablassventile angebracht. Die Niederschläge aus derselben gehen mit denen der ersten Karbonisirung abwechselnd in eins der Gefässe X.

Der durch diese zweite Karbonisirung geläuterte Saft wird durch die mit einem Hahn versehene Röhre u^4 in die Schwarzbeinfilter A^2 geleitet, welche, sechs an der Zahl, in einer geraden Linie im Erdgeschoss stehen; sie sind von Blech und haben einen Durchmesser von 1m0 bei einer Höhe von 2m50 und einer Blechstärke von 5 Millimeter.

Ueber den Karbonisirungsgefässen ist ein grosser und breiter Rauchfang H^1 (Fig. 2 und 3) angebracht, der mit mehreren Zugessen versehen ist, um die Gase und Dämpfe, die sich während der Arbeit in den offenen Kesseln entwickeln, nach aussen abzuführen.

Ein doppeltes Reservoir Y^2 (Fig. 4) ist neben den Gefässen Y^1 aufgestellt, um den Saft aus den Schaumpressen aufzunehmen, welcher filtrirt wird, bevor er in den ersten Karbonisirungskessel S gelangt.

Ein Kessel S^2 von denselben Dimensionen als die letzteren und in der Verlängerung auf derselben Höhe stehend, hat den Zweck, den Sirop auf 25° zu

erwärmen, bevor er filtrirt wird; auch hat er zu demselben Zweck eine Dampfserpentine. Der daraus hervorgehende Sirop fliesst, nachdem er diesen Wärmegrad erlangt, in den Rezipienten V^2, der in derselben Ebene steht als die Dekantirungsgefässe, und die Schwarzbeinfilter A^2 direkt speist.

Der gefilterte Saft wird in ein Reservoir gehoben, um von dort zuvörderst in die Apparate mit dreifachem Effekt, dann aber zu den Kochpfannen geleitet zu werden, wie wir weiter sehen werden.

In Fig. 4 (Blatt 25) bemerkt man auch die runden Gefässe B^2 zum Löschen des Kalks, und ein drittes C^2 von derselben Form für den gelöschten Kalk, der durch ein Sieb geht, um die Steine zurückzuhalten. Die Reserveire D^2 sind mit einer Vertheilungsröhre v versehen, um die Kalkmilch, die vorher durch eine Art von zylindrischem Beutelkasten gegangen ist, wo sie gesiebt wurde, zu den Läuterungs- und Karbonisirungskesseln zu leiten.

Der filtrirte Saft, welcher zuerst nach Massgabe als er die Filter verlässt, in ein viereckiges Gefäss G^2 aufgenommen wird, wird von diesem durch einen vierten Monte-jus M^2 in ein Reservoir F^2 (Fig. 4) gehoben, das neben dem Dampfkessel S^2 steht, welcher wie bereits gesagt, zum Erwärmen des Sirops auf 25° dient.

Dieses Reservoir hat den Zweck den Verdampfungskessel, genannt „Kessel mit dreifacher Wirkung" zu speisen.

Derselbe besteht aus drei zylindrischen Körpern H von 1m48 innerem Durchmesser bei etwa 2m50 Höhe zwischen den Bügeln und 3m20 totaler Höhe mit Inbegriff der Böden. Sie sind aus Gusseisen von 22 Millimeter Stärke und die die eigentlichen Böden bildenden Deckel sind ebenfalls aus Gusseisen von 30 Millimeter Stärke. Jeder Zylinder ist mit kupfernen Röhren ausgefüllt, die sich von der Basis bis gegen die Mitte der Höhe erheben; äusserlich ist er mit einem hölzernen Mantel umschlossen, um seine Abkühlung durch die Berührung mit der Luft zu vermeiden.

Die Anzahl der Röhren in jedem Zylinder ist 380; sie haben 0m05 äusseren Durchmesser und 1m30 Höhe; im Ganzen haben sie eine Heizfläche von ungefähr 232 Quadratmeter.

Die drei zylindrischen Körper sind durch äussere Röhren miteinander verbunden. Der erstere nimmt den Dampf von einem gemeinschaftlichen Ballon oder Rezipienten I^2 von 0m90 Durchmesser, 3m50 Länge und 8 Millimeter Wanddicke auf; er steht in Verbindung mit den Abflussröhren der verschiedenen Arbeitsmaschinen, sowie der Läuterungs- und Karbonisirungskessel.

Die durch das Kochen im ersten Körper entstehenden Dämpfe erwärmen den Saft des zweiten und alle die in diesem letztern erzeugten erwärmen wiederum den im dritten enthaltenen Saft. Von diesem letztern fliesst der, eine Dichtigkeit von 24 bis 25° Beaumé angenommene Saft in ein Monte-jus M^2 und von dort in den Erwärmungskessel S^2, um dort von Neuem filtrirt zu werden und dann in die Siedepfannen überzugehen.

Eine Luftpumpe J^2, in Bewegung gesetzt durch eine Dampfmaschine von 8 bis 10 Pferdekräften, horizontal angeordnet wie alle anderen Motoren im Erdgeschoss, dient zur Herstellung des Vakuums in jedem der drei Körper der Pfannen, und die von dem dritten Zylinder ausgehenden Dämpfe werden durch eine Einspritzung kalten Wassers in der Kondensationssäule K^2 kondensirt.

In Folge des hergestellten Vakuums befindet sich der Siedgrad des Saftes immer unter 100° und fällt in dem dritten Körper des Kessels auf 63 Grad.

Man versichert, dass ein einziger Apparat mit dreifacher Wirkung in der Grösse wie in der Fabrik zu Barberie hinreichend ist zur Verdampfung allen Saftes aus 100 bis 120 Läuterungspfannen, folglich von 1700 bis 1800 Hektolitern; es genügen aber in diesem Falle alle Ablässe nicht, und man ist genöthigt direkten Dampf anzuwenden.

Wenn die Verdampfung auf den Punkt gelangt ist, welcher durch die Dichtigkeit von 25° Beaumé angezeigt wird, so wird der Sirop, nachdem er von neuem filtrirt worden, in die Pfannen L^2, Vakuumpfannen genannt, geleitet, welche unter einem Druck arbeiten, der auf ungefähr $^1/_{10}$ Atmosphären reduzirt wurde. In Fig. 24 und 25 (Blatt 24) sind diese Kessel in grösserem Massstabe dargestellt. Ein solcher Kessel besteht aus zwei gusseisernen Kalotten mit flachen Rändern und verbunden durch eine blecherne Walze mittels Winkeleisen. Der innere Durchmesser beträgt bei 2m0, die Höhe des blechernen Zylinders 1m40 und die ganze Höhe ausserhalb gemessen 2m50, die Blech-

stärke ist 10 Millimeter, die Dicke der gusseisernn Kalotten 30 Millimeter.

Die obere Kalotte hat ein durch einen Decke hermetisch zu verschliessendes Mannsloch zum Ein steigen in den Kessel, wenn dessen Reinigung es erfordert. Die drei kupfernen Schlangenröhren im Innern des Kessels haben 0m120 Durchmesser und eine Heizfläche von beiläufig 20 Quadratmeter. Das erste am Boden liegende *a* empfängt den Dampf durch den äussern Hahn *b*, das zweite *a'* steht mit dem Hahn b^1 in Verbindung, und das dritte a^2 folgt den zylindrischen Wänden des Kessels und steht in Verbindung mit dem Hahn b^2. Diese drei Hähne sind an ein und dieselbe Röhre *c* angebracht, welche zwei Arme bildet, wovon die eine mit dem Hahn *d* sie in direkte Verbindung mit den Dampfgeneratoren setzt, während die andere, ebenfalls mit einem Hahn *e* versehen, sie mit den Dampfauslässen, d. h. mit dem gemeinschaftlichen Rezipienten P^2 (Fig. 1) verbindet. Ein metallener Manometer *f* ist an einer Stelle dieser zweiarmigen Röhre angebracht, um den Druck des Dampfes in den Serpentinen anzugeben, den man mittels der beiden Hähne *d* nnd *e* und dem Barometer *g* beliebig reguliren kann. Eine Büchse *h* mit doppeltem Ventil ist an der zylindrischon Wand am obern Theil einer Röhre angebracht, die zu dem Gefäss mit den konzentrirten und filtrirten Sirop hinab geht, um sie anzusaugen, wenn das Vakuum in der Pfanne hergestellt ist.

Wie alle Siedapparate dieser Art hat jede Pfanne einen Kondensator und eine Luftpumpe, durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt; auch ist sie mit zweckmässigen Zubehörungen versehen, z B. mit dom Windhahn *i* zum Ausleeren des gesottenen Inhaltes, dem Butterhahn *j*, und dem Stecher *k* zum Probenehmen; einige Reihen Gläser *l* dienen zur Beobachtung des Innern.

Das Rohr *m* an der oberen Kalotte jedes Kessels führt die Dämpfe zu dem Kondensator O^2 (Fig. 1), der in derselben Höho steht und von wo sie durch die Luftpumpe der kleinen Maschine P^2 von 8 Pferdekräften abgetrieben werden. Man leert die Pfannen mittels eines äussern Kegelventils *n*, das man von aussen mit einem Handhebel öffnet. Endlich stösst jede Serpentine an äussere Röhren, die zum Abzug der sich kondensirenden Dämpfe dienen.

In den Behältern Q^2 von geringer Tiefe wird die Krystallisation in einigen Stunden vollendet.

Nach dem Kochen muss der Sirop von den Krystallen abgesondert werden, was binnen einigen Minuten in den Trommeln der Zentrifugalturbinen T^2 stattfindet; diese Trommeln werden mit einer Geschwindigkeit von 1200 Umgängen pro Minute bewegt; sie schleudern die Flüssigkeit durch ein Drahtnetz, das oben die Krystalle zurückhält.

Die vier Zentrifugalturbinen *T* stehen im Erdgeschoss in einem besondern Saale, das Tropfhaus genannt, worin sich die Krystallisirgefässe Q^2, sowie die Klärungsbehälter R^2 befinden. Der Zucker, der aus den Trommeln hervorgeht, ist weiss und gänzlich vollendet, so dass er nur eingesackt zu werden braucht. Ueber die Konstruktion dieser Zentrifugalapparate lässt sich weiter nichts bemerken als dass ihre Trommeln von Rollen bewegt werden, die auf der liegenden Welle a^2 angebracht sind, welche ihre Bewegung von einer Dampfmaschine L^2 empfängt, die auch gleichzeitig eine sehr kräftige Luftpumpe bewegt, welche den Dienst für die ganze Fabrik verrichtet.

Man berechnet, dass jede Turbine 30 Sack Zucker von 100 Kilogr. oder 3000 Kilogr. in 5 bis 6 Stunden liefern kann.

Der Zucker geringer Qualität wird in grosse und tiefe Zisternen C^2 geschafft, welche in einem besonderen Lokale in der Verlängerung des Hauptgebäudes angelegt sind. Diese, von Ziegeln konstruirten Zisternen haben einen Inhalt von je 80 bis 85 Kubikmeter und sind mit den Nummern 1 — 4 benannt; Nr. 1 z. B. nimmt den Zucker vom zweiten Kochen, Nr. 2 den vom dritten Kochen auf u. s. w., und die letzte Nummer ist für die Melassen bestimmt.

Dampfkessel, Speisung, Pumpen. — Es ist einleuchtend, dass die vorstehend flüchtig dargestellten Maschinen und Apparate einen grossen Aufwand von Dampfkraft erfordern; es sind zu diesem Behufe in der Anstalt von Barberie drei grosse Generatoren aufgestellt, wovon jeder 120 Quadratmeter Heizfläche enthält. Diese in Fig. 1 mit G^2 bezeichneten Apparate gehören dem Röhrensystem an, gerade wie bei den Lokomotivkesseln mit grosser Feuerung vor den Röhren; ihre äusseren Dimensionen sind 8m0 Länge bei 1m30 Durchmesser; jeder enthält 103 schmiedeiserne Röhren von 5m0 Länge und 0m07 äusserem Durch-

messer. Die äussere Länge des Feuerraumes ist 1m85 und die pro Pferdekraft mit 1,30 Quadratmeter berechnete Heizfläche korrespondirt, mit Einschluss derjenigen der Röhren, einer effektiven Kraft von 90 Pferden.

Man reinigt die Röhren auf eine sehr einfache Art durch das Hineinschleudern eines Dampfstrahles mit Hochdruck mittels einer Kautschukröhre, die man beiläufig alle 12 Stunden von einer zur andern gehen lässt.

Diese Methode hat sehr viel zur Verbreitung der Anwendung der Röhrenkessel beigetragen, welche man bisher bei den feststehenden Maschinen wegen der Schwierigkeit der Reinigung nicht anzuwenden wagte.

Die drei Generatoren stehen natürlich durch eine starke gemeinschaftliche Röhre in Verbindung, welche als Dampfeinlass dient; der Rauch von ihren Feuerungen vereinigt sich in einem einzigen Kanal, den man unter der Erde bis zur grossen Esse hinter und ausser dem Gebäude fortgeführt hat.

Der Aufwand an Brennmaterial für die ganze Fabrik beträgt, wenn alle Organe in Thätigkeit sind, höchstens 100 bis 110 Hektoliter oder 8 bis 9000 K. Kohle; die Menge des Saftes beläuft sich auf 1400 Hektoliter in 24 Stunden, und man sieht daher, dass der vorgenannte Aufwand im Vergleich zu der ganzen entwickelten Kraft, die sich auf beiläufig 100 Pferde erhebt, bei der enormen erzeugten Dampfkraft ein geringer ist.

Die Generatoren werden durch eine grosse Druckpumpe gespeist, welche von einer besondern kleinen Dampfmaschine von 3 Pferdekraft bewegt wird. Damit aber kein kaltes Wasser in die Kessel gelangt, schöpft diese Pumpe das Wasser direkt aus den Retours d'eau aller Kondensationen der verschiedenen Apparate, welche sich in einem zylindrischen Rezipienten vereinigen, den man zu diesem Zweck nächst der kleinen Dampfmaschine angebracht hat. Dieses Reservoir, „bouteille d'alimentation" genannt, ist auf 5 Atmosphären gestempelt; sein äusserer Durchmesser ist 0m90, seine Länge 2m60, und die Blechstärke 10 Millimeter. —

Die Wassermenge, welche man bei einem Etablissement wie das in Barberie gebraucht, ist sehr beträchtlich, wesshalb man einen grossen Brunnen L^4 angelegt hat, dessen Oeffnung nicht weniger als 2m50 im Durchmesser hat; über demselben stehen drei Pumpen auf einem starken gusseisernen Träger, welche durch ein einziges Rohr von 0m150 ansaugen, das einen erweiterten Theil von 0m40 Durchmesser auf 2m0 Höhe hat. Die Triebwelle erhält ihre Bewegung von der Dampfmaschine L^5. Das ganze von der Pumpe gehobene Wasser fliesst in ein grosses hölzernes mit Blei gefüttertes Bassin, das über dem Dache des Gebäudes angebracht ist, damit für die Wasch-, Reib- und sonstigen Apparate ein gehöriger Druck hervorgebracht wird.

Dieselbe Triebwelle a^4 verlängert sich nach dem Beinschwarzmagazin um eine letzte Triebwelle a^6 für einen Schaufelwaschapparat oder im Nothfalle einige andere Hülfsapparate in Bewegung zu setzen. Dieser sehr einfache Apparat dient ausschliesslich zum Waschen des Beinschwarz.

In demselben Raume befinden sich auf einer Seite die Beinschwarzöfen mit ununterbrochenem Betrieb, und auf der andern Seite grosse Zisternen zur Aufnahme der aus den Filtern kommenden Knochenkohle, worin sie einige Tage verbleibt. Während dieser Zeit giesst man gewöhnlich etwas Salzsäure hinein, wäscht sie dann und bringt sie in eine Art von Knochenfilter unter Dampf und bedeckt sie wieder.

Oekonomischer Filtrirapparat v. Périer und Possoz. — Dieser sehr leicht auszuführende Filter hat gegen die Filter von Taylor und Andere den Vortheil, dass einestheils die Röhren, aus denen er besteht, sich nicht so leicht verstopfen, da sie keinen Boden haben, und dass anderntheils das ganze System durch eine Wassereinspritzpumpe gereinigt werden kann, ohne auseinandergenommen werden zu dürfen. Wie aus Fig. 23 (Blatt 25) zu ersehen, besteht der Apparat aus einer Tonne A mit doppeltem Boden, oben offen und unten geschlossen durch einen festen Boden. Innerhalb sind zwei horizontale Scheidewände B^1 B^2 mit Löchern, die sich genau korrespondiren, und an welchen kupferne Büchsen C befestigt sind, welche resp. nach unten und oben weiter werden und mit einen Rand abschliessen, um daran die aus Stoff angefertigten Röhren D mit Bindfaden zu befestigen. Der Stoff dieser Röhren besteht aus gekiepertem Baumwollenzeug oder aus Multon von Baumwolle oder Leinen. Ist der Filter in Thätigkeit, so sind sie ganz mit

Knochenkohle angefüllt. Die Niederschläge fallen auf den Boden des Gefässes, von wo man sie mittels des Hahnes *a* von Zeit zu Zeit entfernt.

Um jeder Gährung vorzubeugen und eine Verzögerung bei dem Filtriren zu vermeiden, muss man die Filter ganz ausleeren und sie tüchtig waschen, indem man in den Doppelboden durch das Rohr *E* (verlängert im Innern schlangenförmig und mit Löchern versehen) einen starken Strom kalten Wassers oder noch besser siedenden Wassers eingiesst, das man bis zu dem Rohre *F* steigen lässt, durch das man andere ähnliche Filter speisen kann. Wenn man die Filter füllt, was durch die Röhre *d* stattfindet, so werden die ersten filtrirten Theile getrübt sein, worauf man sie durch den Hahn *b* in die Rinnen *G* laufen lässt. Sobald der Saft klar wird, schliesst man diesen Hahn und öffnet den folgenden *b'*, um die Flüssigkeit in die Rinnen *H* gelangen zu lassen.

Der erste trübe Saft wird in den Filter zurückgeschafft; die Niederschläge werden wie gewöhnlich behandelt, indem man sie durch die Destillation zur Gährung befördert.

Hydraulische Schaumpresse von Bellin und Jeannoz. (Blatt 25). — Fig. 26 stellt diese Presse in senkrechtem Querschnitt nach der Achse der Druckzylinder dar; Fig. 27 ist eine Ansicht von oben, und Fig. 28 ein Grundriss in verschiedenen Höhen, rechts über dem Pressblock und auf seinen Kolben, links zur Hälfte der Platte von oben, zur Hälfte von unten.

Der eigentliche Pumpenstiefel unterscheidet sich von denen der gewöhnlichen hydraulischen Pressen nicht; er ist ein Zylinder *A* von sehr starkem Gusseisen mit dem untern Balken *A'* aus einem Stück bestehend; der letztere ist dreiarmig zur Aufnahme der drei Säulen B, die ihn mit dem obern Balken *C* verbinden. Dieser unten vollständig geschlossene Zylinder ist für den Kolben *D* am obern Theil offen und ist mit einer ringförmigen Rinne versehen, in welcher die lederne Liderung *a* zu liegen kommt, die bekanntlich bei allen hydraulischen Pressen nothwendig ist, um alle Flüchte zu vermeiden.

Eine gewöhnliche Vorrichtung von Retour d'eau *b* mit doppeltem Vertheiler ist an dem Pumpenstiefel zum Herbeiströmen des Wassers unter den Kolben *D* angebracht, um dessen Erhebung zu bewirken, und später zum Abfluss desselben in die Tröge der Pumpen, wenn die Pressung beendigt ist.

Der Presskolben ist mit dem Pressbalken *E* verbunden, welcher an und für sich den Dienst des Kolbens versieht, indem er sich senkrecht ins Innere des Schaumzylinders *F* bewegt. Dieser Zylinder wird durch die drei Säulen *B* und durch doppelte Flanschen *f* gehörig in seiner Achse und über den Kolben der hydraulischen Presse erhalten; die Flanschen *f* bestehen mit ihm aus einem Stück und legen sich auf die Absätze *c*, die zu diesem Behuf an den Säulen angebracht sind.

Eine ähnliche Einrichtung bemerkt man an dem obern Balken *G*, welcher den Schaumzylinder schliesst, d. h. er ist ebenfalls mit offenen Flanschen zur Sicherung seiner senkrechten Bewegung versehen. Diese senkrechte Bewegung ist nothwendig zur Oeffnung und zum Füllen des Zylinders mit Schaum, worauf er geschlossen wird, damit der letztere von dem Pressbalken *E* gepresst werden kann. Diese Operation wird bewirkt mittels des Schwungrades *V*, das an der Schraube *v* befestigt ist, welche sich in der starken Schraubenmutter *H* bewegt. Da diese Schraubenmutter an dem obern Balken *C* befestigt ist und die Schraube mittels der Verbindungsringe *g* sich drehen kann und mit dem Balken *G* fest verbunden bleibt, so steigt oder fällt dieser nach Belieben in genau senkrechter Richtung von den Säulen *B* geführt und ohne sich zu drehen.

Damit der Druck des Kolbens auf den Schaum sich nicht auf die mittlere Schraube äussere, wird dieser Balken *G* an den Rändern des Zylinders *F* aufgehalten, den er also auf eine sehr feste Weise durch drei Handhaben *M* schliesst, welche den Säulen korrespondiren und mittels Scharniere an Bolzen angebracht, welche an Laschen befestigt sind, die mit den Rändern des Schaumkolbens aus einem Stück gegossen sind. Man gebraucht diese Handhaben mittels der daran befestigten eisernen Griffe *m*, so dass man den Zylinder öffnen kann.

Der obere Theil des Schaumkolbens *E* ist abgedreht und hat eine Konvexität von 5 Millimeter auf den Halbmesser, so dass der Abfluss der Flüssigkeit nach dem äusseren Umfange stattfinden kann. Es sind zu diesem Behufe Löcher in diesem Theile durch seine Dicke angebracht, und mit kleinen bronzenen

Röhren l versehen, damit die Flüssigkeit in den blechernen Behälter L fliesst. Um das Ablaufen zu erleichtern, sind im Gusseisen der Oberfläche der Kolben Rinnen angebracht, von welchen die einen vom Zentrum zur Peripherie laufen, während sie von den andern nach konzentrischen Kreisen durchschnitten werden, wie aus Fig. 28 zu ersehen ist.

Ueber diesen Kolben ist eine Scheibe p angebracht, die aus einem schmiedeisernen Reifen von 2 Centimeter Querschnitt besteht, welcher auf ein Blech genietet ist, das eine Menge von kleinen Löchern hat. Ueber dieses Blech ist mittels eines zweiten innern Reifens behufs des Filtrirens ein Stoff gespannt. Rings um den ersten Kreis, den äussern, ist eine Matte mit einem kalfaterten Strick von 7 — 8 Millimeter angebracht. Diese Matte ist an die Peripherie des eisernen Reifens genäht, zu welchem Zweck kleine horizontale Löcher bestehen, durch welche die Fäden gehen.

Da der Durchmesser des Kolbens E etwas kleiner ist als der Zylinder F, worin er sich bewegt, so ist es leicht begreiflich, dass nun die Matte sehr stark an den eisernen Reifen gepresst wird, und da sie elastisch ist, so gibt sie nach, bildet einen hermetischen Verschluss und nimmt ihr ursprüngliches Volum wieder an, wenn sie am Ende einer jeden Operation wieder aus dem Zylinder herauskommt.

Nach dieser Beschreibung kann man sich leicht einen Begriff von der Arbeit dieser Presse machen. Wenn der untere Kolben E bis zum untern Theil des Zylinders hinabgegangen, so schiebt man die Scheibe p über diesen Kolben und lässt das Wasser unter den Kolben D der Presse treten; man hält augenblicklich an, wenn der Verschluss hergestellt ist, d. h. wenn der Schaumkolben in den Zylinder F eingedrungen ist.

Sind die Handhaben M losgemacht, und ist der Deckel G mittels des Schwungrades V gehoben, so wird der Zylinder F darüber vollkommen frei, so dass man seine Füllung mit den zu pressenden Abfällen bewerkstelligen kann. Man legt dann die Scheibe p^1, welche den Verschluss des Deckels G vervollständigt, und man lässt diesen Deckel so weit hinab, bis er die Ränder des Zylinders berührt; man schliesst dann die Handhaben M, indem man sie zwischen den Absätzen und den Laschen des Balkens einlässt.

Ist nun der Zylinder auf diese Weise gefüllt, so bewirkt man die Pressung wie bei jeder hydraulischen Presse, indem man den Hahn b des Retour d'eau öffnet; die eingeschlossenen Flüssigkeiten fliessen durch die kleinen Röhren l und n in den Rezipienten L. Um den Schaumkuchen zu befreien, lässt man die Handhaben M los, hebt dann den Deckel mittels eines Schwungrades V und setzt die hydraulische Pressung unter dem Kolben D der Presse fort, so dass die ganze Belastung des Zylinders nach aussen gehoben wird, worauf man sie leicht wegnehmen kann.

Villa Warrens bei Payerbach am Semmering.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **26—28**.)

Am nördlichen Abhange des Semmering, da wo die Eisenbahn das herrliche Reichenauerthal bei Payerbach übersetzt, um an der Lehne dieses Gebirgsstockes, der die Grenze zwischen Oesterreich und Steiermark bildet, emporzusteigen, liegt die auf den Blättern **26** bis **28** dargestellte neuerbaute Villa in einer von der Natur schon angelegten und durch den Kunstsinn des Eigenthümers Herrn Eduard Warrens verschönerten Parkanlage.

Das Gebäude ist auf einem Plateau des ansteigenden Parkes situirt, durch Terrassen und freie Treppenanlagen mit diesem in malerische Verbindung gebracht und bietet die vollkommenste Aussicht in das reizende Thal der Schwarza.

Zur Grundform musste dem gegebenen Programme entsprechend eine möglichst geschlossene einfache Figur gewählt werden, und es war die Aufgabe des Architekten, nicht nur eine monotone Symmetrie in den Façaden zu vermeiden, sondern vielmehr eine entsprechende Gruppirung der Trakte zu erreichen, welche Aufgabe um so schwieriger zu lösen war, als die Bedingung gestellt wurde, das Gebäude durchaus

einstöckig aufzuführen. Von den verlangten Räumlichkeiten wurden die zur Hauswirthschaft und für die Dienerschaft bestimmten Lokalitäten im Souterrain, die Gesellschafts- und Fremdenzimmer im Parterre und die Wohn- und Schlafzimmer in der ersten Etage angeordnet.

Der ganze Bau wurde durch den Baumeister Just in Payerbach unter der Leitung der Architekten Bayer und Thienemann nach deren Plänen ausgeführt.

Die gesammten Baukosten beliefen, sich auf 38,000 fl. österr. Währung. Weiter zu berücksichtigen ist, dass sämmtliche Gesimse und Gliederungen der Façaden von Stein und die Hauptstiege aus Salzburger Marmor hergestellt sind.

Das Wohnhaus des Herrn Schneider auf der Ringstrasse (Kärnthnerring Nr. 9) in Wien.

Architekt **Karl Tietz.**

(Mit Zeichnungen auf den Blättern **29**, **30** und **31**.)

Dieses Wohnhaus ist auf einem Eckbauplatze von 56m60 Länge und 23m50 Breite ausgeführt. Da es in der Absicht des Besitzers liegt, dasselbe später in ein Hôtel umzugestalten und zu diesem Zwecke das rückwärts angrenzende Terrain, welches mit dem bereits verbauten Platze gleiche Dimensionen hat, anzukaufen, so musste beim Entwurfe des Bauplanes darauf Rücksicht genommen werden, dass diese Umgestaltungen später ohne besondere Schwierigkeiten und mit möglichst geringem Kostenaufwande durchgeführt werden können. Hierdurch wurde auch die Anlage von zwei grossen Treppenhäusern, welche zu beiden Seiten des geräumigen Vestibules liegen, bedingt. Die Scheidewände des 6m30 hohen Parterres können herausgenommen werden, da die Mauern der oberen Stockwerke, so wie die Gewölbe auf Trägern ruhen, wodurch es möglich gemacht wird, diese Räume später zu Speisesälen etc. verwenden zu können. Gegenwärtig enthält das Parterre an den Strassenseiten Verkaufsgewölbe und Magazine, während der Theil, welcher am Hofe liegt, zu Wagenremisen und Futterkammern für die Pferdeställe, welche sich im Souterrain befinden, benützt wird. In letzterem sind ausser den eben erwähnten Stallungen noch einige geräumige, mit den Verkaufsgewölben im Parterre in Verbindung stehende Magazine, sowie die für die Wohnungen in den obern Stockwerken erforderlichen Wein-, Eis-, Holz- und Kohlenkeller untergebracht. Zum Hinaufschaffen des Brennmaterials dienen zwei Aufzüge, welche in jeder Etage in den Treppenhäusern ausmünden.

Für das nöthige Trink- und Nutzwasser ist durch die bis unter das Dach führende Wasserleitung, dann durch einen im Hofe gegenüber der Einfahrt angebrachten Röhrbrunnen und endlich durch zwei in den kleinern Höfen gegrabene Brunnen Sorge getragen worden.

Im ersten und zweiten Stockwerke sind je vier und in den beiden obern je fünf Wohnungen enthalten. Die Treppenhäuser sind von oben beleuchtet und haben ausserdem noch in jeder Etage ein Fenster gegen den Hof, um bequemer gelüftet werden zu können.

Die 2 Meter langen freitragenden Stufen sind von einem harten, schön bearbeiteten Stein aus dem Bruche bei Wöllersdorf ausgeführt und haben, um bequem ersteigen werden zu können, bei 0m35 Breite eine Steigung von 0m14.

Der Hof, welcher gegenwärtig bei der geringen Tiefe des Bauplatzes nur 10 Meter breit angelegt werden konnte, würde bei der spätern Umgestaltung zu einem Hôtel, mit Hinzunahme des angrenzenden Bauplatzes, 20 Meter in Quadrat erhalten.

Die Façade ist im Renaissancestyl ausgeführt. An der Ringstrasse ist dieselbe durch ein stark hervortretendes, den andern Theil des Gebäudes über-

ragendes Risalit unterbrochen. Um schönere Verhältnisse zu erzielen, ist der erste Stock mit dem Parterre in der Façadendekoration als ein Ganzes behandelt und so ein kräftiger Unterban für das Gebäude geschaffen worden. Die Balkone mit den Konsolen, die Gesimse, Säulen und Fensterbrüstungen sind von Stein und Metall, alle übrigen Ornamente von hydraulischem Kalk ausgeführt. Ueber dem Hauptgesimse erhebt sich eine das Dach versteckende Balustrade, deren steinerne Pfeiler mit reich verzierten in Zinkguss ausgeführten Vasen bekrönt sind. Alles Uebrige ist aus den Zeichnungen ersichtlich.

Wohnhaus des Herrn Ludwig Ladenburg

in Wien, Opernring Nr. 17.

(Mit Zeichnungen auf den Blättern 32, 33 und 34.)

Bei einem grossen Theile der Wohnhäuser, welche in den letzten Jahren in der Ringstrasse in Wien gebaut wurden, ist die Eintheilung der Grundrisse der verschiedenen Stockwerke in der Weise durchgeführt, dass sich in dem Hauptgeschosse eine einzige grosse Wohnung befindet, welche für den Bauherrn bestimmt und möglichst separirt von den übrigen Bewohnern des Hauses ist; während in den übrigen Stockwerken mehrere kleinere Wohnungen, deren Anzahl in den oberen Stockwerken zunimmt, und in den ebenerdigen Lokalitäten Verkaufsgewölbe oder Wirths- und Kaffeehauslokalitäten, ferner Stallungen und Remisen, sowie die Hausmeister-Wohnung ihren Platz finden.

Der Architekt musste selbstverständlich bei der Eintheilung solcher Wohnhäuser bemüht sein, vor Allem im Hauptgeschosse den Wünschen des Bauherrn in Bezug auf Anzahl, Grösse und Lage der einzelnen Räume zu entsprechen, durfte aber nie aus dem Auge verlieren, dass er in den obern Stockwerken bei der Eintheilung der kleinern Wohnungen möglicherweise auf Hindernisse stossen werde, welche seine, wenn auch noch so gute Eintheilung des Hauptgeschosses unmöglich machen könnten. Die Lösung der Aufgabe wurde durch die in mancher Hinsicht strengen Vorschriften der Wiener Bauordnung oft sehr erschwert.

Das auf den Blättern 32 bis 34 dargestellte Wohnhaus des Herrn Ludw. Ladenburg wurde auf Grund eines ähnlichen Programmes entworfen und bezüglich der in dem ersten Stocke befindlichen Wohnung des Bauherrn folgenden Bedingungen zu entsprechen gesucht: Es war verlangt, dass man von dem Vorzimmer aus direkt in den Saal, in den daneben befindlichen kleinern Saal, in das Frühstückzimmer und in die Schlafzimmer, ferner von der Küche aus, ohne den Speisesaal zu passiren, in die Wohnräume gelangen konne. Ein Bedientenzimmer sollte unmittelbar neben dem Vorzimmer liegen, ferner sollte sich das Comptoir in demselben Stockwerke befinden, doch nicht von der Hauptstiege aus zugänglich sein. Endlich sollte das Eckzimmer, welches für die Frau des Hauses bestimmt ist, in solcher Weise angeordnet werden, dass man von demselben und dem daselbst anzubringenden Balkone aus die nach allen Seiten reizende Aussicht auf das Gebirge, den gegenüber liegenden Burggarten, die Ring- und Albrechtstrasse möglichst geniessen könne.

Was die übrigen Stockwerke betrifft, so sollten im zweiten Stock zwei, im Entresol und dritten Stock aber drei Wohnungen eingetheilt werden.

Nachdem die vermiethbaren Räume zu ebener Erde möglichst ausgedehnt und zwei Wagenremisen untergebracht werden sollten, so war es nothwendig die Stallungen in den Keller zu verlegen und auch einen Theil des Hofes für diesen Zweck zu benützen.

Karl Schumann.

Die London-, Chatam- und Dover-Eisenbahnbrücke über die Themse
bei Blackfriars zu London.

Von den Ingenieuren **Cubitt** und **Turner.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt 35 bis 39.)

Diese Brücke bildet einen Theil des auf die Metropole fallenden Abschnittes der London-, Chatam- und Dover-Eisenbahn, und es erfolgte die königliche Bestätigung zur Ausführung dieses Baues im Jahre 1860, welcher 5 Bogen mit den auf Blatt 35 angegebenen Spannweiten erhalten sollte. Der Grundstein wurde am 2. Mai 1863 gelegt und am 21. Dezember 1864 konnte die Brücke dem Verkehr übergeben werden.

Sämmtliche Dimensionen der mit ihrer Fahrbahn 32′ 9″ über dem höchsten Wasserstande liegenden Brücke und ihrer Bestandtheile sind aus den anliegenden Blättern zu ersehen. Die Landpfeiler bestehen aus Ziegel- und Konkretmauerwerk; für die Mittelpfeiler wurden eiserne Zylinder durch den Schlamm und Kies versenkt, bis sie den Lehm erreichten, worauf man das Wasser ausschöpfte und den Lehm so weit ausgrub, bis der letztere die erforderliche Tiefe erreicht hatte. Nun wurde die Ausgrabung auf eine Tiefe von 5 Fuss unter dem Boden des Zylinders fortgesetzt und die Basis bei dem mittleren Zylinder auf 23 Fuss Durchmesser, bei dem äussern auf 21 Fuss Durchmesser erweitert und der Raum mit Konkret ausgefüllt. Darüber legte man ein Mauerwerk aus festen Ziegeln und Zement bis auf 4 Fuss unter dem tiefsten Wasserstande, und führte über demselben das Quadermauerwerk bis 6 Fuss über dem höchsten Wasserstande auf. Die Steine wurden schwalbenschwanzförmig bearbeitet und durch messingene Klammern miteinander verbunden. Hierauf beseitigte man die Fundamentirungszylinder und errichtete die eisernen Pfeiler, von denen jeder aus vier gusseisernen Säulen besteht, welche vereinigt einen Durchmesser von 14 Fuss haben; oben sind sie durch dicke Balken miteinander verbunden. Die Säulen sind aus einem Stück gegossen, haben 5 Fuss äussern Durchmesser, sind regelmässig im Guss und von gleicher Stärke, wie bei denen, welche die Seitenträger tragen $1\frac{1}{4}$ Zoll, bei denen für die mittleren Träger aber $1\frac{1}{2}$ Zoll beträgt (Blatt 38). Das Innere der Säulen und ihrer Zwischenräume ist mit den festesten Backsteinen, die man sich verschaffen konnte, mit einer Mischung von reinem Flusssand und Portlandzement ausgefüllt. Der obere Theil des Ziegelmauerwerks ist in der Richtung flussaufwärts und flussabwärts nach unten abgeschrägt, um das Regenwasser durch die 3 Zoll im Durchmesser haltenden gusseisernen Röhren abzuführen, welche in den Kapitälen jeder Säulengruppe angebracht sind.

Jede Gruppe trägt zwei schmiedeiserne Querbalken, worauf die Packblöcke (packing-blocks) an den befestigten Enden der Haupt-Tragbalken und die Walzen angebracht sind, wo für die Expansion und Kontraktion gesorgt ist (Blatt 38). Der ganze Ziegelbau ist mit Zement verbunden und der schmiedeiserne Tragbalken, das Innere der Kapitäle und das Ziegelwerk sind mit 1 Zoll Asphalt bedeckt, welcher in zwei je $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Schichten aufgetragen ist.

Die Längen-Tragbalken, welche den Oberbau tragen, bestehen aus schmiedeisernem Gitterwerk. Sie sind 16 Fuss hoch, aber der mittlere ist besonders stark gemacht, da er eine doppelte Last zu tragen hat. Die Gitterstangen sind so eingerichtet, dass sie abwechslungsweise der Ausdehnung und Zusammendrückung widerstehen. Die Dehnungsstangen sind nur Latten aus Flach-Stab-Eisen, aber die Strebestangen, welche der Zusammendrückung widerstehen sollen, sind aus gekehltem Eisen; dieselben sind paarweise durch starke Sparren zusammengekuppelt, um deren Verbiegung zu verhüten.

Die Anordnung der Platten in den oberen und unteren Seitenstücken (flanges), sowie der Durchschnitts-Flächenraum an verschiedenen Punkten sind aus Blatt 37, Fig. 3 ersichtlich.

Jeder Theil des Eisenwerkes, welcher dem Einfluss der Atmosphäre ausgesetzt ist, wurde so angebracht, dass er auf die leichteste Weise ange-

strichen werden kann, während der hohle Raum der Tragbalken dick mit Asphalt belegt wurde, um auch den geringsten Ansatz von Rost sorgfältig zu verhüten. Wo die Enden der Haupttragbalken über den Säulengruppen zusammenstossen, sind ihre Verbindungen durch massive ornamentale Gusswerke verborgen. In demselben Style ist das Ende der Tragbalken auf beiden Endpunkten der Brücke durch massives Gusswerk verziert. Die Querbalken bestehen aus schmiedeisernen Platten; das Bodenstück ist fischbauchartig gekrümmt, was eine Höhe von 1 Fuss 9 Zoll in der Mitte und etwas weniger als 1 Fuss an den Enden ergibt, wo sie an die Haupttragbalken angenietet sind. Die Kopf- und Bodenstücke sind Doppel-Winkeleisen, $3^1/_2$" × $3^1/_2$" × $^1/_2$" stark mit 8" × $^1/_4$" starken Deckplatten; die Maschen (web) bestehen aus $^5/_{16}$ Zoll starkem Dampfkesselblech. Die Querstützen von einem Tragbalken zum andern bestehen aus gekrümmtem Gitterwerk. Es kommen deren drei auf jede Spannweite und sind an die Kopfstücke der Haupttragbalken angebolzt. Das Schmiedeisen, sowohl Stab- als Kehleisen, ist von der besten Qualität und soll im Stande sein, eine Dehnkraft von 18 Tonnen pro Quadratzoll auf den Querschnitt auszuhalten. Die Strebebänder, welche von Kehleisen sind, wurden einem kompressiven Druck von 10 Tonnen pro Zoll unterworfen. Was die übrigen Details betrifft, so müssen wir unsere Leser auf die Tafeln verweisen, welche, wie man finden wird, alle Details von Wichtigkeit enthalten. Die Brücke wurde, wie gesagt, dem freien Verkehr im Dezember 1864 übergeben. Vorher wurde dieselbe von den Inspektoren der Regierung einer Probebelastung unterworfen und stark genug befunden, um ohne Gefahr den grössten Druck, dem sie möglicherweise ausgesetzt sein kann, auszuhalten.

Auf Blatt 39 sind die Details der Fundirungskasten der Mittelpfeiler dargestellt. Ihre Zahl beträgt 12, welche je 6 auf einmal hinabgelassen wurden, so dass sechs Einsätze von dem oberen oder temporären Theil nothwendig waren.

Die Tiefe, bis auf welche die Steinkasten versenkt werden mussten, ist 55 Fuss unter dem höchsten Wasserstand; diese Tiefe bezieht sich auf alle Pfeiler ohne Rücksicht auf das gegenwärtige Flussbett. Der permanente Theil der Kasten wurde massiv mit den härtesten Backsteinen ausgefüllt und diese durch Portland-Zement verkittet.

Beim Einsetzen und Versenken der Kasten musste die grösste Sorgfalt angewendet werden, damit sie genau an die rechte Stelle kamen und beim Versenken vollkommen senkrecht erhalten wurden. Es durfte kein Versuch das Wasser auszuschöpfen gemacht werden, bis der solide Lehm auf nicht weniger als 5 Fuss Höhe durchdrungen war.

Die Kasten waren vollkommen wasserdicht gemacht und so erhalten; auch durfte unter keiner Bedingung Wasser zugelassen werden, wenn die Fundamente ihre letzte Höhe erreicht hatten.

Die Kasten wurden aus dem besten Staffordshire-Eisen konstruirt, und waren im Stande einem Drucke von 20 Tonnen pro Zoll zu widerstehen; die ganze Metallarbeit musste wie für Dampfkessel von bester Qualität ausgeführt werden.

Die grösste Sorgfalt war erforderlich, damit jeder einzelne Theil des Kastens vollkommen regelrecht und an den Endflächen ohne alle Krümmung hergestellt wurde. Die letzteren mussten regelrecht gehobelt und vollkommen kreisrund gemacht und die Bolzlöcher genau von derselben Grösse gebohrt werden. Die Fugen zwischen den Verbindungsstellen wurden mittels eines Ringes von vulkanisirtem Kautschuck von $^3/_4$ Zoll Stärke oder durch andere erprobte Mittel wasserdicht gemacht, und dabei wurde solche Genauigkeit in der Arbeit beobachtet, dass jeder beliebige Bestandtheil ohne Zwang oder Abänderung zu jedem andern beliebigen Bestandtheil passte. Die Aufmerksamkeit des Fabrikanten musste ganz besonders auf diesen sehr wesentlichen Punkt gerichtet sein.

Die Verbindung zwischen dem permanenten und temporären Theil wurde mittels tüchtigen Oelkittes und, wenn nöthig, mit weichen Holzkeilen gut schliessend gemacht. Die Theile wurden durch zwölf lange $1^1/_2$ Zoll im Durchmesser haltende Bolzen befestigt; dieselben sind so eingerichtet, dass sie, nachdem das Mauerwerk bis zu einer ansehnlichen Höhe aufgeführt war, entfernt werden konnten. Hierauf musste wohl Bedacht genommen werden, wenn die Angen aufeinandergepasst wurden.

Die Steifringe wurden an die äussere Hülse angenietet, mussten vollkommen kreisrund gemacht und von den auf den Zeichnungen ersichtlich gemachten

Dimensionen sein. Vier Hülsenbänder und Ringe mussten, wie die Zeichnung zeigt, an jedem einzelnen Theile zum Zwecke des Emporhebens und Hinablassens angebracht werden. Auch musste eine Mündung oder Oeffnung von 8 Zoll im Durchmesser zum Ein- und Auslassen des Wassers in dem unteren Theile jeder Längsseite des Kastens angebracht und mit einem gut schliessenden Hahn von demselben Durchmesser, der gehörig befestigt und zum Oeffnen und Schliessen eingerichtet ist, versehen sein.

Es mussten ferner drei temporäre Reserveringe vorhanden sein, welche im Falle einer aussergewöhnlichen Hochfluth verwendet wurden. Dieselben bestanden aus Platten von 2 Fuss 6 Zoll × ¼ Zoll Breite, mit 3 Zoll × 3 Zoll × ¼ Zoll starkem Winkeleisen.

Die Nieten waren durchaus von der in der Zeichnung erwähnten Grösse und von der besten Qualität Nieteisen. Sie wurden vom Kopf bis zur Spitze rothglühend eingeschlagen und gut verhämmert, so dass sie die Nietlöcher vollkommen ausfüllen. Diese mussten regelrecht und schön, sowie in den zusammengenieteten Theilen genau korrespondirend gebohrt sein.

Verschluss von Strassenkanälen in den Städten.

(Mit Zeichnungen auf Seite 347.)

Obgleich es „Eulen nach Athen“ tragen hiesse, wenn man auf die Nothwendigkeit aufmerksam machen wollte, bezüglich des öffentlichen Gesundheitszustandes in den Städten den Strassenabzugskanälen und den in ihnen entstehenden überaus schädlichen, Epidemien hervorbringenden und dieselben befördernden Ausdünstungen von Seite der Behörden eine grössere Aufmerksamkeit zuzuwenden, so können wir doch nicht umhin, abermals auf diesen Gegenstand zurückzukommen und demselben einige Zeilen zu widmen, dabei aber auf das zurückzuweisen was darüber im vorigen Jahrgange der Allgemeinen Bauzeitung Seite 220—226 gesagt wurde. Die bis jetzt mit den Verschlüssen der Strassenkanäle gemachten Bestrebungen haben noch keine genügenden Resultate gehabt, und die Schädlichkeit des sich in den Kanälen sammelnden Unrathes wird alle Tage fühlbarer

Unter den Apparaten, welche man vorgeschlagen hat, die Verbindung der Miasmen der Kanäle mit der Atmosphäre zu verhindern, scheinen sich einige durch ihre Einfachheit und ihre Wirksamkeit zu empfehlen, diejenigen nämlich, die auf einem hydraulischen Verschluss basirt sind. Indessen hat man an diesen Vorkehrungen Uebelstände bemerkt, welche die allgemeine Einführung derselben aufhielten; bei den einen werden die mechanischen Theile, die durch das Wasser in Bewegung gesetzt werden und bis in die Kanalmündungen hinabreichen, entweder bald abgenutzt oder der geringste durch das einströmende Wasser mit hineingerissene fremde Körper verhindert ihre Funktionen; bei den andern, wo der hohe Preis der metallenen Apparate ohnehin ein erschwerender Grund zur allgemeinen Einführung solcher Verschlüsse ist, werden sie durch die Oxydation sehr schnell zerstört.

Ein anderer Apparat mit hydraulischem Verschluss würde seinen Zweck erfüllen, wenn in demselben keine Verstopfung stattfände, die durch Staub und Sand entsteht, welche in die Cuvette hineingezogen werden und welchem Uebelstande aus Nachlässigkeit nicht vorgebeugt wird; die Cuvette füllt sich ganz mit Wasser an, welches im Sommer so bedeutend wird, dass das Niveau des Wassers bis unter das Diaphragma oder unter die Luftabschneidung hinabgedrückt wird, so dass die Wiederherstellung der Verbindung des Kanals mit der Strasse die Folge davon ist; endlich sind es Verbiegungen oder Brüche des Apparates, welche durch den Frost, durch Stösse u. s. w. entstehen, die den dichten Verschluss lockern.

Wir schmeicheln uns nicht, die praktische Schwierigkeit dieses Problems gelöst zu haben; wir haben bloss die Absicht die Fachgenossen auf eine Idee aufmerksam zu machen, welche einer weiteren Ausbildung und Verbesserung fähig sein dürfte.

Die Bedingnngen bei der Konstruktion geruchloser Einlässe der Strassenkanäle mit hydraulischem Verschluss bestehen darin, 1. dass jede Unterhaltung oder Reinigung des Apparates vermieden wird, damit nicht hierdurch eine Verstopfung der Einlässe entstehen kann; 2. dass jede Anwendung der Metalle vermieden wird, da dessen hoher Preis ein Hinderniss zum Ankauf von Apparaten ist, welche übrigens keine grosse Dauer haben; 3. muss jede Wirkung des Apparates auf die Cuvette aufgehalten werden, und endlich 4. darf keine Erniedrigung des Wasserstandes in der Cuvette bis unter die Schliesswand (diaphragma) stattfinden.

Diese Bedingungen will der Ingenieur Duveau in Angers durch den auf Seite 347 dargestellten Apparat erreicht haben. Dieser Apparat weicht übrigens von den in verschiedenen Orten gebräuchlichen nur durch eine blosse Verlegung des hydraulischen Schlusses ab, den man nächst der Sohle des Strassenkanals angebracht hat, anstatt ihn in das Niveau des Bodens zu legen. Diese Veränderung ist aber hinreichend, um die Verhältnisse der Vorrichtungen des Apparats anders zu gestalten. In der That, wenn der Schliessapparat in dem untern Theil des Einlassschachtes anstatt oben angebracht ist, und es entsteht eine Verstopfung dieses Apparates, so wird das Wasser der Strassenrinnen, da es nicht weiter fliessen kann, den gewöhnlich $3^{m}0$ bis $6^{m}0$ hohen Einlassschacht ganz oder theilweise verstopfen. In diesem Falle aber wird auf die fremden die Cuvette verstopfenden Körper ein Druck ausgeübt werden, der sich nach der Wasserhöhe richtet und ungefähr durch eine halbe Atmosphäre dargestellt werden kann; ein Druck, welcher mehr als hinreichend ist, um den Schlamm, die Steine und Gegenstände anderer Art, welche die Cuvette versperren, unfehlbar fortzuschieben und diese letztere vollständig zu reinigen, d. h. wenn der Schacht von der Cuvette bis zum Strassenkanal sich erweitert. Denn man muss wohl in Betracht ziehen, dass diese Körper nicht der Art unter sich verbunden und verkittet sind, dass sie unter dem Druck, den sie erleiden, keinen Wasserstrom durchlassen sollten. Dieser Wasserstrom würde aber die verstopfenden Gegenstände sehr schnell voneinander trennen und sie nach und nach in den Abzugskanal führen, wenn sie nicht von der darauf drückenden Wassersäule mit einemmale in einigen Sekunden fortgeschoben werden. Es ist übrigens zu bemerken, dass diese Verstopfungsfälle sehr selten stattfinden werden, wenn die Cuvette nach jedem Platzregen gehörig gereinigt wird.

Die Beaufsichtigung zum Zweck der Unterhaltung ist also hier beinahe unnütz, und die Reinigung findet nur durch die Verstopfung selbst statt. Die Anwendung des Metalles ist unnütz, weil man die Steine, welche die Sohle der Einlässe bilden, nur so zu bearbeiten braucht, wie aus den Zeichnungen auf Seite 347 zu ersehen ist, um einen Jahrhunderte dauernden Verschluss zu bilden. Der Frost wird in dieser Tiefe unter der Erde keine nachtheilige Wirkung ausüben.

Was die mögliche Verdunstung des Wassers der Cuvette bis unter das Diaphragma oder den Luftabschneider betrifft, so ist es klar, dass sie in einem an der Sohle des Strassenkanals liegenden Apparat geringer sein wird als bei einem im Niveau der Strasse sich befindenden. Es ist übrigens zu bemerken, dass die Konstrukteurs dieser Art von Apparaten immer dahin gestrebt haben, das Diaphragma so wenig als möglich in das Wasser der Cuvette eindringen zu lassen und dass sie für dieses Mass bis auf $0^{m}01$ und selbst nur bis zu $0^{m}005$ gegangen sind. Diese Vorsicht wurde nur gebraucht, um den Abfluss des schlammigen Wassers zu erleichtern und die Verstopfung zu vermeiden, welche der Stein des Anstosses bei dem System ist. Da der Druck des Wassers bei dem nächst der Sohle des Strassenkanals sich befindlichen Apparat beinahe unmöglich ist, so kann man das Diaphragma so weit wie möglich in das Wasser hineingehen lassen, wodurch nicht allein die Wirkungen der Verdunstung des Wassers vernichtet, sondern auch die Einrichtung des im Jahrgange 1865 dieser Zeitschrift, Seite 220, beschriebenen Gesundheitssystems der Strassenkanäle leichter gemacht wird. Dieses System würde bei den jetzt üblichen Apparaten vielleicht schwer anzuwenden sein, denn bei der geringsten Depression der Luft in den Kanälen, welche der Ventilator oder die hohen Luftessen hervorbringen würde, müsste die äussere Luft zugleich durch alle Einlässe dringen, da das Hinderniss zur Ueberwindung dieses Uebelstandes nur in der Verrückung einer Wassersäule von $0^{m}01$ oder selbst um $0^{m}005$ bestände.

Durch die anliegenden Zeichnungen wird man sich überzeugen, dass die Herstellung der Strasseneinlässe nach der dargestellten Art nicht mit so grossen Kosten verbunden sein könnte, dass diese Anordnung zu verwerfen wäre, wenn sie überhaupt als gut befunden wird. Wir sind selbst der Meinung, dass man bei Anwendung des agglomerirten Betons*) wohlfeil zum Ziele gelangen würde.

Fig. 1 auf Seite 347 stellt einen senkrechten Durchschnitt eines Strassenkanals mit seinem Einlassschacht unter dem Trottoir dar, wie man sie im Allgemeinen bisher ohne Verschluss konstruirte, so dass die Miasmen des Kanals frei auf die Strasse ausstromen können. Fig. 2 ist der Durchschnitt einer Mündung unter dem Trettoir, welche durch die Deckplatte *A*, welche den Luftabschneider bildet und 1 bis 2 Centimeter in das Wasser der in den untern Stein *B* eingehauenen Cuvette taucht, geruchlos gemacht ist. Diese Mündung erfordert häufige Reinigungen und ist bei Frost und Trockenheit den eben angeführten Uebelständen ausgesetzt. Fig. 3 ist der Durchschnitt einer geruchlosen Kanalmündung nach dem oben gemachten Vorschlage. Fig. 4 sind die senkrechten Durchschnitte des hermetischen Verschlusses in grösserem Massstabe. Wir wiederholen es, dass die besondere Aufmerksamkeit bei diesem Apparat dahin zu richten ist, den Kanal *CD* von *C* nach *D* zu erweitern, damit die sich in der Cuvette ablagernden Gegenstände leichter fortgeschoben werden können.

*) Vergl. Notizbl. d. Allgem. Bauzeitung, V. Band, S. 239.

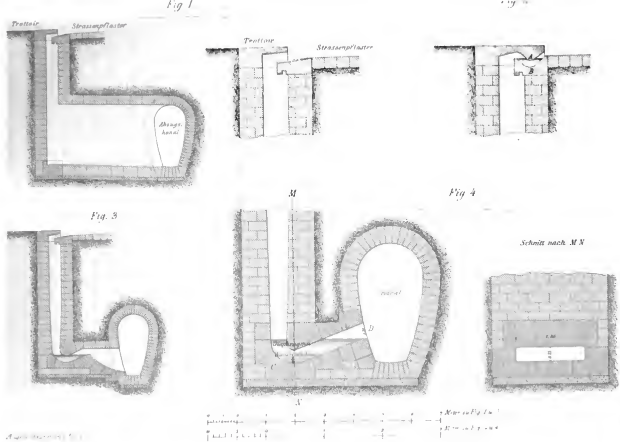
Eine Reise im Elsass.

Von **W. Lübke.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt 40—44.)

Lange schon hatte ich den Plan einer kunstgeschichtlichen Durchforschung des Elsass gehegt. Was ich bei gelegentlichen Durchreisen flüchtig nur an den Monumenten des schönen Landes in Strassburg, Kolmar, Thann gesehen, regte in mir den Wunsch an, eine umfassendere Kenntniss von den kunstgeschichtlich bedeutenden Denkmälern dort zu gewinnen. Der Umstand, dass dieses herrliche Stück deutscher Erde, eine der reichsten und gesegnetsten Provinzen, welche ehemals das deutsche Reich besass, in Deutschland so gut wie unbekannt ist, bestärkte mich in meinem Vorhaben. Dazu kam noch, dass die Kunstgeschichte bis jetzt nur ungenügende Notizen über die elsassischen Monumente aufweist. Was Kugler in seiner Baugeschichte davon berichtet, fusst lediglich auf ungenügenden Nachrichten und den malerischen Ansichten des bekannten Werkes von Schweighäuser und Golberg. Schnaase in seiner Geschichte der bildenden Künste ist besser, und zwar offenbar durch Autopsie berichtet; aber auch ihm fehlen mehrere bedeutende Denkmäler des Landes, wie denn z. B. das Münster zu Weissenburg weder bei ihm noch bei Kugler zu finden ist. Zu dieser Vernachläsigung mag, ausser der von den deutschen Routen abgelegenen Lage des Landes noch die schmerzliche Abneigung des Deutschen beigetragen haben, ein Land zu besuchen, welches uns so schmachvoll verloren gegangen ist und uns leider jeden Tag mehr verloren geht. Denn auch mir hat es jedesmal ein Gefühl bitteren Ingrimms erweckt, wenn ich die Französisirung des Landes immer weitere Fortschritte machen sah, wenn ich neuerdings gewahrte, wie die heranwachsende Generation in demselben Masse als sie sich zu den gebildeten und bevorzugten Ständen rechnet, sich Etwas darauf zu Gute thut ihre Muttersprache zu vergessen und sich ganz als Franzosen zu geberden.

Ich machte meine Reise in den vergangenen Osterferien, begleitet von meinem Freund und Kollegen Herrn Georg Lasius, dem Herausgeber des verdienstlichen Werkes „die Baukunst in ihrer chronologischen und konstruktiven Entwicklung.“ Unsere Zeit war beschränkt; nur fünf Tage konnten wir dem Elsass widmen. Aber Dank der bequemen Eisenbahnverbindung und, wie ich wohl hinzusetzen darf, Dank unserer Rüstigkeit und dem wohlorganisirten Ineinandergreifen unserer Arbeit haben wir eine ziemliche


Fig 1
Trottoir
Strassenpflaster
Abzugs-
kanal
Trottoir
Strassenpflaster
B
Fig. 3
M
Fig 4
D
C
N
Schnitt nach M N

Reihe wichtiger Denkmale untersuchen und zeichnen, zum Theil sogar ausmessen können. Während ich die Grundrisse aufnahm, zeichnete Hr. Lasius die Details, entwarf innere Perspektiven oder skizzirte Durchschnitte und wichtige Theile des konstruktiven Systems. Dabei wurden die Höhenmaasse, soweit es ohne umfassende Vorbereitungen möglich war, gemessen, oder durch Schätzung annähernd festgestellt. Nach diesen Vorlagen hat mein Reisegefährte dann die Zeichnungen ausgeführt, welche wir diesen Mittheilungen beifügen. Der Fachmann wird die geschickte Hand und das Verständniss eines mit der Kunst des Mittelalters vertrauten Architekten nicht verkennen und unsern Beitrag zur weiteren Kunde der Denkmäler des deutschen Vaterlandes, so hoffen wir, nicht unfreundlich aufnehmen.

In der That verdienen die Bauwerke des Elsass schon desshalb eine genaue Betrachtung, weil sie nicht bloss als eine geschlossene Gruppe sich den Werken der übrigen Rheingegenden anfügen, sondern weil sie durch manche Eigenthümlichkeiten sich als selbstständige Konzeptionen einer originellen Künstlerschule erweisen. Unter den uns bekannt gewordenen Werken ist das Meiste im wahrhaft künstlerischen Gepräge und steht weit über jenen zahlreichen Leistungen roher Handwerklichkeit, die unter den geringern Denkmälern des Mittelalters so gut mit unterlaufen wie in jeder anderen Epoche, und die man zwar in statistischen Werken aufzählen mag, an denen aber die kunstgeschichtliche Betrachtung nachgerade stillschweigend vorüberzugehen sich gewöhnen sollte. Freilich herrscht der bloss antiquarische Standpunkt in der Behandlung unserer Wissenschaft noch gar zu oft vor, wie es denn genug Leute gibt, die ziemlich genau nachweisen können, aus welcher Zeit ein Bauwerk stammt, aber Wenige, denen die künstlerische Bedeutung oder Werthlosigkeit desselben fassbar ist. Wenn ich nun noch hinzufüge, dass alle Eigenthümlichkeiten der elsassischen Bauten sich unter dem einen Gesichtspunkt zusammenfassen, dass sie unzweifelhaft sich als Werke deutschen Bausinnes geltend machen, ja dass hier in französischer Nähe das charakteristisch deutsche Wesen der Denkmale in Grundplänen, Konstruktion und Detailbehandlung recht wie zum Gegensatz sich herauskehrt, so ist das Interesse vor der Hand zur Genüge gerechtfertigt, welches wir an diesen Denkmälern nehmen.

Unser erster Ausflug galt Ottmarsheim. Es liegt in wenig ansprechender, durchaus flacher Gegend, vom Rheine noch ziemlich fern, ein unscheinbares Dorf. Die alte Kirche, die bekanntlich eine Nachbildung des karolingischen Münsters zu Aachen enthält, steht noch unberührt im Wesentlichen als der Bau da, welcher um die Mitte des 11. Jahrhunderts ausgeführt wurde. Nur wenige und zwar untergeordnete Veränderungen sind darüber ergangen. Aus unserem Grundriss Fig. 1 (Blatt 40) wird die Anlage des unteren und des oberen Stockwerkes klar. Der Unterschied zwischen der Nachbildung und dem Original besteht hauptsächlich darin, dass der Umgang um den achteckigen Mittelbau, der in Aachen ein Sechzehneck ausmacht, in Ottmarsheim zu einem Achteck vereinfacht wurde. Der viereckige Altarraum war, wie neuere Ausgrabungen gezeigt haben, zu Aachen in ähnlicher Form vorhanden. An die Westseite stösst ein schlichter Thurm mit Satteldach, der im unteren Geschoss eine Vorhalle enthält. Bemerkenswerth ist, dass die beiden Nachbildungen des karolingischen Münsters, die wir noch besitzen, die an der Stiftskirche zu Essen und die zu Ottmarsheim, beide zu ehemaligen Nonnenklöstern gehören. Man fand also bis in's 11. Jahrhundert diese Form wegen ihrer zweistöckigen Anlage vorzugsweise für die Bedürfnisse einer Nonnenklosterkirche angemessen. Doch war dies, wie kaum bemerkt zu werden braucht, nicht die einzige, auch nicht einmal die gewöhnliche Anlage. Denn in der Regel ordnete man über der westlichen Eingangshalle der romanischen Basilika eine Empore für die Nonnen an, die dann ihren eigenen Altar erhielt und auch durch einen besonderen Platz für die Aebtissin ausgezeichnet wurde. Ein in allen Hauptsachen trefflich ausgeprägtes Beispiel solcher Anlage aus dem 11. Jahrhundert bietet noch jetzt die Kirche des berühmten Stiftes Gandersheim. In andern Fällen führte dasselbe Bedürfniss bekanntlich zur Anlage von Doppelkirchen wie zu Schwarz-Rheindorf und in S. Floriano zu Montefiascone.

Die Details sind in ihrer Spärlichkeit und charaktervollen Strenge bezeichnend für das 11. Jahrhundert. Ungefähr das Richtige traf in dieser Hinsicht schon Jo. Dan. Schöpflin, der in seiner fleissigen

Folio-Arbeit über das Elsass*) den Bau zwar für einen antiken Tempel des 4. Jahrhunderts hält, aber die Säulen, deren Kapitäle er „capitalum rudi Minerva factum" nennt, der im 11. Jahrhundert erfolgten Umgestaltung in ein Kloster zuschreibt. Allerdings konnten die Kapitäle einem klassisch geschulten Manne des vorigen Jahrhunderts nicht viel besser denn als Missgeburten erscheinen; denn wie unsere Zeichnung (Fig. 2) erkennen lässt, sind es Würfelkapitäle einfachster Art, deren energisch hervordrängendes Profil genau den Kapitälen der Halbsäulen in St. Marien auf dem Kapitol zu Köln entspricht**). Wie dort fehlt auch hier mehrmals der runde Wulst, welcher das Kapitäl mit dem Schafte verbindet. Der letztere ist übrigens von auffallender Schlankheit und was durchweg als ein Zeichen des strengen antikisirenden Klassizismus des 11. Jahrhunderts angesehen werden muss, nach der Entasis verjüngt. Dass die attische Basis von ausnehmender Steilheit bei etwas stumpfer Profilirung ist, gehört ebenfalls zu den Merkmalen jener romanischen Frühepoche. Im Uebrigen bietet das Innere kaum irgend ein weiteres Detail dar; selbst die untern Arkaden steigen ohne jegliches Kämpfergesims an den Pfeilern auf. Die oberen Bogenstellungen setzen über einem aus Platte und Schmiege bestehenden Pfeilergesimse an. Begreiflich daher, dass den wackeren Schöpflin das Fehlen der Architrave und Stylobate Wunder nimmt. — Das Aeussere ist ganz schmucklos, das Bruchsteinmauerwerk hat einen anscheinend alten Bewurf, in welchem am Oberbau die Formen eines noch schüchternen und höchst einfachen Rundbogenfrieses eingedrückt sind; fünf Bögen an jeder Seite. Am Chor bemerkte man von aussen die Spuren der ursprünglichen kleinen Rundbogenfenster; die Umgänge haben moderne Fenster, und auch die alten Emporenfenster zeigen eine Erweiterung. Dass der Oberbau ehemals winzige Rundbogenfenster hatte, erkennt man, wenn man unter das Dach der Seitenräume klettert.

Ursprünglich muss das Dach bedeutend tiefer angesetzt haben, so dass die im Innern jetzt nur als Blenden sichtbaren Fenster in der That Licht hatten*). Von den ehemaligen Klostergebäuden, die nördlich an die Kirche stiessen, ist alles modernen Ursprungs.

Unser nächstes Ziel war Gebweiler, ein lebhaftes Städtchen am Ausgange eines Seitenthales der Vogesen malerisch gelegen. Aber ehe wir uns von der mit ihrem rothen Sandsteinquaderwerk und ihren drei stattlichen Thürmen einladenden Kirche am Ende der Stadt fesseln liessen, lenkten wir unsere Schritte landeinwärts, eine gute halbe Stunde tiefer in das anmuthige Waldthal eindringend. Nicht lange und das Thurmpaar der alten Abteikirche Murbach in köstlicher Weltabgeschiedenheit versteckt, stieg vor unseren Blicken auf. Das Kloster gehört zu den 21 Klosterstiftungen, welche während der fränkischen Epoche (496—870) im Elsass entstanden sind; denn es soll durch Graf Eberhard um 724 für Schotten-Mönche gegründet worden sein**). Die Kirche selbst ist ein Werk aus der ersten Hälfte des 12. Jahrhunderts. Leider steht nur noch die östliche Hälfte, da das Langhaus verschwunden ist. Daher die unförmlichen Strebepfeiler, welche der jetzigen westlichen Schlussmauer vorgelegt werden mussten. Die Anlage des Chores ist, wie aus unseren Zeichnungen (**Blatt 40**) hervorgeht, eine der eigenthümlichsten. Ein ungefähr quadratischer Raum, ohne Apsis geradlinig schliessend, öffnet sich auf beiden Seiten mit Pfeilerstellungen gegen niedrige und schmale Nebenchöre. Ueber letzteren sind, wie unser oberer Grundriss ausweist, besondere Kapellen in einem oberen Geschosse angebracht, welche sich mit kleinen Säulenstellungen gegen den Mittelraum öffnen.

An diese Theile stösst ein Querschiff von auffallend geringer Breite, auf beiden Seiten durch Thürme flankirt, in welchem die Treppen zu den oberen Kapellen liegen. Noch merkwürdiger sind die beiden Eingänge zur Kirche angebracht. Dem allgemein herrschenden Gebrauch entgegen, tritt man von der Ostseite ein, wie es ähnlich auch an den Domen zu Mainz und Bamberg der Fall ist. Aber in Murbach legte man die Eingänge in die vorspringenden Flügel der

*) Alsatia illustrata. (Colmar 1751). Tom I, p. 504 ff.

**) Bei beiden Kirchen wird die Einweihung durch Papst Leo IX. bezeugt. Schöpflin, Tom. II, p. 449.

*) Unsere Darstellung wird hoffentlich trotz der Aufnahme des Monuments in Isabelle's Edifices circulaires nicht ganz überflüssig sein.

**) Schöpflin I, p. 735. 399.

Kreuzarme und baute ihnen nördlich eine kleinere, südlich eine etwas längere Vorhalle an. Die nördliche ruht mit ihren offenen Bogen auf einem Pfeiler und ist mit einem Kreuzgewölbe bedeckt. Die südliche ist später durch schlechtes Flickwerk vermauert worden. Diese östliche Anordnung der Portale mag durch lokale Bedingungen herbeigeführt worden sein; dass sie gegen die häufigen Westwinde sehr gut schützt, erfuhren wir selbst an dem stürmischen und regnerisch rauhen Vorfrühlingstage, welchen wir dort bei Vermessung der Kirche auszustehen hatten. Von dem Hauptportal (dem südlichen) fügen wir eine Zeichnung bei (Fig. 4). Der Styl desselben weist auf die ersten Dezennien des 12. Jahrhunderts. Die Löwen im Bogenfeld haben Verwandtschaft mit jenen am Südportal der Kirche zu Hamersleben. Wie in diesen von römischer Kultur damals noch getränkten oberrheinischen Gegenden die antiken Reminiszenzen immer wieder durchdringen, beweist das Giebelgesims über dem Portal mit seinen volutenartigen Akroterien und dem originell barbarisirten Eierstab und Zahnschnitt, der das Gesims begleitet. Die gesammten plastischen Dekorationen dieses Portales zeigen das dem beginnenden 12. Jahrhundert eigene Streben nach reicheren Formen, deren flachen und stumpfen Ausdruck man aber noch das Ungewohnte in der Meisselführung, das Unbeholfene in der Zeichnung anmerkt.

Alle Theile der Kirche sind gewölbt, und zwar heben das Hauptgewölbe breite rechtwincklige Kreuzgurte. Da der gesammte Charakter den Formen der Frühzeit des 12. Jahrhunderts entspricht, so halte ich dafür, dass Murbach zu den frühesten romanischen Gewölbebauten Deutschlands zu rechnen ist. Bekanntlich gehören dieselben sämmtlich dem Rheingebiet an. Was also für den Mittelrhein Mainz und Speier, für den Niederrhein Laach, Schwarz-Rheindorf und Marien im Kapitol zu Köln, das ist Murbach für den Oberrhein. Dass hier übrigens schon früher der Gewölbebau mit Gewandtheit geübt wurde, haben wir zu Ottmarsheim gesehen. Dort misst der Mittelraum 34 Fuss 8 Zoll Rhein. im Lichten; in Murbach ist das Mittelschiff immer noch 27 Fuss 4 Zoll breit. Uebrigens hat die Kirche so lange und so schlimm durch Verwahrlosung gelitten, dass die Gewölbe, von welchen längst aller Bewurf abgefallen ist, sich in äusserst gefahrdrohendem Zustande befinden. Als wir dieselben untersuchten, glaubten wir jeden Augenblick der tobende Aequinoktialsturm, der uns dort traf, werde uns das lockere Steingefüge auf die Köpfe werfen.

Das Aeussere der Kirche gehört in seiner noch strengen, aber künstlerisch durchdachten Gliederung und Gruppirung zu den vollkommensten Leistungen der romanischen Periode. Pilaster mit Blendbögen umrahmen an der Ostseite des Chores die grossen, im Halbkreis geschlossenen Fenster. Darüber bereitet eine Galerie von Blendarkaden den Anfang des Giebelfeldes vor, dessen Dachgesims ein Rundbogengesims begleitet. Aehnliche Friese, mit Lisenen verbunden, beleben die übrigen Mauerflächen in jener nur dem romanischen Styl eigenen Weise, welche den ruhigen Massencharakter der Gebäude nicht zu zerstören, sondern durch künstlerische Gliederung zu adeln sucht. Nur die beiden Thürme zeigen weder Lisenen noch Bogenfriese, sondern begnügen sich in den beiden Obergeschossen mit Schallöffnungen, in deren Behandlung eine ansprechende Steigerung der Wirkung erreicht ist. Die untere Abtheilung zeigt nämlich eine paarweise, die obere eine dreitheilige Gruppirung. Der Aufbau des Ganzen gipfelt sich äusserst effektvoll von den niedrigen Portalhallen, den höheren Seitenschiffen, den noch höheren Kreuzflügeln, die wieder von dem Hauptchor überragt werden und in den beiden Thürmen mit ihren Pyramidendächern den endlichen Abschluss finden. Die geometrische Auftragung der Ostseite ergab ausserdem eine überraschende Proportionalität der sämmtlichen Grundverhältnisse. Es ist mit einem Worte ein Bau, welcher eine ihres Zieles klar bewusste künstlerische Meisterhand erkennen lässt. Dem entspricht auch die technische Behandlung der trefflichen, genau und scharf gefügten rothen Sandsteinquadern, die an den meisten Theilen noch keine Spur von Verwitterung, nur den ehrwürdigen Rost von sieben Jahrhunderten zeigen.

Nach Gehweiler zurückgekehrt, fanden wir an der dortigen Kirche Gelegenheit, einen Bau der romanischen Spätzeit zu studiren. Von aussen schon imponirt dem von Murbach her in die Stadt Eintretenden die links an einem freien Platz liegende Kirche mit ihren dunkelrothen Sandsteinquadern, mit der in der ganzen Breite der drei Schiffe auf Pfeilern sich öffnenden Vorhalle, den über derselben aufsteigenden beiden viereckigen Westthürmen und dem achteckigen Thurm

auf dem Kreuzschiff. Die Vorhalle ist eines jener interessanten Beispiele, an welchen der Spitzbogen sich gleichsam von selbst erzeugt hat. Denn um den schmalen Seitenöffnungen gleiche Höhe mit der breiten mittleren zu geben, hat man den Rundbogen der letzteren beträchtlich gedrückt, dem ersteren dagegen den Spitzbogen gegeben. Im Uebrigen zeigt die Kirche in ihren Oeffnungen und Bogenfriesen durchaus den Halbkreis. Nur der oberste Fries des nördlichen Thurmes hat den Spitzbogen, und die drei oberen Geschosse des südlichen beweisen durch die Kleeblattform ihrer Friese und Schallöffnungen, so wie die Ueppigkeit der dekorativen Glieder, dass man diese Theile zuletzt erbaut hat. Auch der achteckige, aus Quadern aufgemauerte Thurmhelm ist mit zierlichen Giebelchen geschickt aus dem Viereck durch abgeschrägte Ecken entwickelt, während die ebenfalls steinernen Helme der beiden anderen Thürme (des nördlichen und des Kreuzschiffthurmes) in ziemlich ungefüger Weise durch aufgesetzte zinnenartige Eckstücke den Uebergang zu bezeichnen suchen. Merkwürdiger Weise sind die Schallöffnungen des Vierungsthurmes mit zierlich durchbrochenen Steinplatten, nach Art altchristlicher Fenster verschlossen. Im Ganzen ist das Aeussere reich und edel gegliedert, wobei eine wohl berechnete Steigerung der einzelnen Theile sich zu erkennen gibt. Nur die rautenförmige Netzverzierung des Westgiebels ist eine geschmacklose Spielerei.

Durch das prächtig geschmückte, mit sechs schlanken Säulen (drei jederseits) eingefasste Rundbogenportal der Vorhalle tritt man in das Innere, das durch die engen, niedrigen Verhältnisse und den Mangel an Beleuchtung ungünstig wirkt, namentlich wenn man den stattlichen, freien Kirchenbau von Murbach noch in der Phantasie mit sich bringt. Allerdings ist der Eindruck durch den Anbau von zwei Seitenschiffen aus dem 14. Jahrhundert noch verschlimmert worden, weil dadurch die kleinen Mittelschiff-Fenster ihr Licht eingebüsst haben. Der Grundriss Fig. 5 zeigt, wenn man diese späteren Theile und den in derselben Zeit angefügten gothischen Chorschluss abzieht (was mit Rücksicht auf die Seitenschiffe in unserer Zeichnung *) geschehen ist), die normale Anlage einer spätromanischen Gewölbkirche, wie sie auch sonst in Deutschland üblich ist. Drei quadratische Gewölbe im Langhaus, mit doppelt so vielen kleinen Quadraten in jedem Seitenschiff, ein Kreuzschiff von drei Quadraten und der durch den gothischen Anbau etwas verlängerte Chor. Die Pfeiler sind abwechselnd stärker und schwächer, je nachdem sie für die Gewölbe des Mittelschiffes zugleich ihre Dienste hinaufsteigen lassen, oder bloss für die Arkaden und Gewölbe des Seitenschiffes bestimmt sind. Letztere haben nur an drei Seiten Halbsäulen, erstere erhalten ausserdem eine Vorlage von drei Bündelsäulen, von welchen die rund profilirten Gewölbrippen aufsteigen. Die Arkaden und Gewölbe haben sämmtlich den Spitzbogen, während die Fenster und Portale noch rundbogig sind. Wir geben zur Veranschaulichung die Darstellung des inneren Systems der Kirche, wobei nur die Arkaden etwas zu schlank ausgefallen sind. Von den derben romanischen Details, die an sämmtlichen Kapitälen die Würfelform als Grundlage zeigen, fügen wir ebenfalls einige Beispiele hinzu. Aus allendem ergibt sich, dass wir es mit einer Kirche des deutschen Uebergangsstyles vom Ende des 12. Jahrhunderts zu thun haben.

Nur im Vorübergehen konnten wir flüchtig von Aussen Notiz nehmen von zwei anderen Kirchen Gebweilers, die einer näheren Prüfung würdig zu sein scheinen. Es ist erstlich die ehemalige Dominikanerkirche, eine grosse, schlanke, elegante Ordenskirche, dem Anscheine nach aus dem 14. Jahrhundert, mit niedrigen Seitenschiffen und lang vorgelegtem Chor. An der Südseite erhebt sich, wie so oft bei den rheinischen Kirchen dieses Ordens, ein kleiner schlanker Thurm mit zierlicher Fialenbekrönung. Die Fenster des Baues haben reiche Masswerke in den eleganten Mustern des 14. Jahrhunderts. Nach ganz anderer Seite erregte eine zweite Kirche unser Interesse, ein später Renaissancebau mit zweithürmiger Façade, der von St. Sulpice in Paris einigermassen verwandt. Merkwürdiger Weise schliessen die Kreuzarme gleich dem Chor mit Halbkreisen, so dass hier also ein spätes Anknüpfen an die in romanischer Zeit bei den Kirchen Kölns und der Nachbarschaft beliebte Form sich geltend macht. —

Unsere nächste Station war Ruffach. Die Stadt gehört zu der ansehnlichen Zahl elsassischer Orte,

*) Wir geben, der bessern Verständlichkeit wegen, unsere Zeichnungen, trotz der trefflichen Aufnahme in den Monuments historiques. Eine Vergleichung mit derselben wird am besten zeigen wie weit unsere Aufnahmen glaubwürdig sind. Das Wesentliche wird man richtig finden.

welche unter Kaiser Friedrich II. das Stadtrecht erhielten. Aber schon früher geschieht derselben Erwähnung: im Jahre 1106 entstand in Ruffach ein Tumult und Aufstand gegen die Leute Heinrichs V., in Folge dessen der Ort geplündert und eingeäschert wurde.*) Die Kirche muss von dieser Zerstörung nicht mitbetroffen worden sein, denn einige Theile derselben reichen in ein höheres Alter, andere gehören einer etwas späteren Zeit an. Man erkennt deutlich schon am Aeusseren, dass an ein Querschiff des 11. Jahrhunderts im Anfang des 13. ein ansehnlicher Bau des Uebergangsstyles angefügt worden ist, dem sich dann ein frühgothischer Thurmbau angeschlossen hat. Auch das Innere des Querschiffs wurde in derselben spätromanischen Zeit mit umgebaut und erhielt auf originell entwickelten Zwickeln über der Vierung eine achteckige Kuppel, die sich nach aussen als zierlicher achteckiger Thurm mit frühgothischen Fenstern und krabbengeschmückten Giebeln markirt. Vom Aeusseren und Inneren geben unsere Zeichnungen eine Anschauung. Unberührt blieben bei diesem Umbau die ungewöhnlich hohen Apsiden und die kleinen Rundbogenfenster der Querarme. An der Nordfaçade des Kreuzschiffs sieht man unten zwei grosse Rundbogenfenster des 11. Jahrhunderts; zwei darüber befindliche sind später mit gelben Sandsteinquadern eingesetzt, doch bemerkt man neben ihnen die vermauerten beiden ursprünglichen Fenster. An der älteren ist die Wölbung durch kleine, bald rothe, bald gelbe, bald schwarze Keilsteine gebildet. Das kleine Bruchsteinmauerwerk des 11. Jahrhunderts sieht man nicht bloss am ganzen Querschiffe, sondern auch am nördlichen Seitenschiff. Nur die Lisenen an den Apsiden, endlos lang gestreckt und mit hoher Schräge abgeschlossen, ähnlich wie an der Apsis der Kirche zu Gernrode, sind aus Quadern gebildet. Die übrigen Theile der Kirche zeigen ein treffliches Quaderwerk aus schönem goldgelben Sandsteine. Das System des Langhauses besteht aus einem durch einfache Strebebögen geschützten Mittelschiff, das von zwei ziemlich hohen Seitenschiffen begleitet wird. Die Strebepfeiler sind ähnlich, wie die am Chor des Münsters zu Basel, sehr weit vorspringend und mit Bogenöffnungen durchbrochen angelegt, so dass sich unmittelbar an den Seitenschiffen ein Umgang bildet.

Die Verhältnisse des Innern sind leicht und klar, die Höhenentwicklung, wie unsere Darstellung des inneren Systems zeigt, hat etwas Kühnes und Schlankes. Gegliederte Pfeiler, mit Rundsäulen wechselnd, wie man aus unserem Grundriss ersieht, tragen die spitzbogigen Arkaden und Kreuzgewölbe. Den Säulen entsprechen in der Umfassungsmauer Halbsäulen, den Pfeilern ähnlich gegliederte Wandpfeiler. Drei Gewölbquadrate von 30 Fuss Breite bilden das Mittelschiff. In der Gliederung der Formen gibt sich ein echt künstlerisches Gefühl zu erkennen. Alle Gurte sind mit feinen Rundstäben eingefasst, alle Rippen gleich nach demselben Schema gebildet. Ungewöhnlich schlank sind die Säulen, von welchen die Arkaden aufsteigen. Die Kapitäle haben in den östlichen Theilen des Schiffes verzierte Würfelform, dann kommen die Knospenkapitäle der Uebergangszeit (man vergleiche die Zeichnung) und zuletzt mischen sich frühgothische Laubmotive ein. Die Säulenbasen zeigen die attische Form mit Eckblatt, an den Einzelsäulen haben die Plinthen abgeschrägte Ecken. Die Deckplatten der oberen Dienste sind mit flachen Zahnschnitten geschmückt, die sich am Arkadensims fortsetzen. Die Fenster sind spitzbogig in den Seitenschiffen einzeln, im Oberschiff halbdritt gruppirt. Nur das westliche Fenster des Seitenschiffes ist ein sehr zierliches frühgothisches. So hat auch die letzte Säule der Nordseite mit frühgothischem Kapitäl auch die entsprechende Bildung des Sockels angenommen und die schwere attische Form sammt Eckblatt abgestreift. Uebrigens sind die attischen Basen steil und der Landesgewohnheit gemäss keineswegs tief ausgekehlt. Im Querschiff und dem Chor sieht man Spuren der ehemaligen steinernen Schranken. Der Chor selbst ist eines der elegantesten Werke vom Ende des 13. und Anfang des 14. Jahrhunderts. Die Fenstermasswerke sind noch derb geschnitten und rosenförmig componirt. Die Gewölbedienste bestehen aus gebündelten Halbsäulen, die auf Kragsteinen aufsitzen, an welchen die Evangelistensymbole, die Paradiesesströme und vier andere entsprechende Gestalten, in den konventionell verschrobenen Stellungen, in welche die Plastik der gothischen Epoche sobald verfiel, aber mit kecker flotter Hand dargestellt sind.

*) Strobel, Vaterländ. Geschichte des Elsass. (Strassb. 1841). Bd. I.

Noch im 13. Jahrhundert muss endlich die hohe dreischiffige Eingangshalle entstanden sein, die durch reich gegliederte Pfeiler getheilt wird, und über welcher sich zwei prächtige Thürme erheben sollten. Durch diese Halle erhält die Kirche nach Westen eine Verlängerung, die durch das schöne Radfenster der Schlusswand vorzüglich zur glanzvollen Wirkung des Innern beiträgt. Dieser Zusatz ist ersichtlich unter dem Einfluss des damals mächtig emporsteigenden Façadenbaues am Münster zu Strassburg entstanden. So scheint denn die Façade mit ihren drei Portalen, ihrer klaren Gliederung und eleganten Ausschmückung ein Produkt der Strassburger Bauhütte. Aehnlich wie dort werden auch hier die architektonisch dekorativen Formen mehrfach von einem übermüthigen Künstlerhumor ins Scherzhafte gezogen und so zu sagen parodirt. So die Krabben am Giebel des Hauptportales, die in bunter Weise mit allerlei Figürchen von Tanzenden, Musizirenden, Gauklern u. dgl. geschmückt sind. Auch sonst sprudelt in der elsassischen Gothik des 13. Jahrhunderts eine Ueberfülle von Humor, die freilich den heutigen steifleinenen Neugothikern sammt manchem Anderen abzugehen pflegt.

Leider scheinen die Mittel für den prächtigen Façadenbau bald versiegt zu sein. Der nördliche Thurm blieb ganz liegen, und auch der südliche zeigt in seinen oberen Theilen schon die Formen des 15. Jahrhunderts. Setzen wir hinzu, dass derselben Zeit das grosse Fenster des südlichen Querschiffarmes und das Netzgewölbe daselbst angehört, so haben wir die wesentlichen Punkte für die Charakteristik der Kirche erschöpft. Es genügt, ihr einen Ehrenplatz unter jenen deutschen Denkmälern des 13. Jahrhunderts angewiesen zu haben, die im Ganzen den Charakter deutsch-romanischen Styles beibehalten, damit jedoch den Spitzbogen, die Lanzetfenster und das Strebesystem der französischen Gothik zu verbinden wissen.

Ein Abendspaziergang von einer halben Stunde brachte uns noch nach dem etwas unterhalb Ruffach gelegenen Dorfe Pfaffenheim. Wir fanden dort eine charakterlos moderne Kirche, die aber in ihrem Chor ein elegantes Beispiel spätromanischer Baukunst bewahrt. Dieser zierliche Chor kann uns füglich das Bild der Kirche von Ruffach bei einer idealen Restauration ergänzen helfen.

Dieselbe Stufe des Uebergangsstyles: spitzbogige Rippengewölbe, am Aeusseren die Bogenfriese ebenfalls leise zugespitzt; die Blendarkaden, die das polygone Chorhaupt bekrönen (man vergleiche unseren Grundriss), haben Verwandtschaft mit jener an der Kirche zu Gebweiler, ebenso die reichen Friese. Der durchbrochene Strebepfeiler an der Nordseite erinnert an Ruffach. An die Südseite stösst eine kleine Kapelle oder Sakristei. Das Material ist derselbe schöne, röthlichgelbe Sandstein wie zu Ruffach. Die elegante Behandlung der Formen ist der an den übrigen romanischen Monumenten des oberen Elsass verwandt.

Die Eisenbahn brachte uns von Ruffach in kurzer Zeit nach Kolmar. Die Stadt ist noch reich an interessanten Bauwerken früherer Zeiten. Namentlich sind einige charaktervolle Wohnhäuser erhalten, die zum Theil den mittelalterlichen hochgiebligen und schmalstirnigen Aufbau mit den heitern Formen der Renaissance verbinden. Auch der nordische Erker erfreut sich dabei einer liebevollen Pflege und mannigfacher Ausbildung. Das elegante Renaissancehaus, welches der Südseite der Martinskirche gegenüber liegt, bietet uns die zierlichsten Beispiele dieser Art. An einem andern Hause haben sich Reste der Freskogemälde erhalten, mit welchen man in Süddeutschland und der Schweiz noch im 16. Jahrhundert vielfach den Façaden einen heitern Schmuck zu geben liebte.

Indess mussten wir nach dieser Seite hin uns auf eine rasche Uebersicht beschränken, denn der Schwerpunkt des architektonischen Interesses liegt in der Hauptkirche Kolmars, S. Martin. Wir geben den Grundriss derselben mit Ausnahme des Chores, der für uns minder wichtig und ausserdem wegen gottesdienstlicher Funktionen unzugänglich war. Der St. Martinsmünster ist ein bedeutender frühgothischer Bau von stattlichen Verhältnissen, der in der Entwicklungsreife sich ähnlich an die Kirche von Ruffach anschliesst, wie jene an die von Gebweiler. Nach einer historischen Notiz muss der Bau um 1263 begonnen worden sein, denn es heisst von einem Meister Wilhelm von Marpurg, der 1363 in Strassburg gestorben, er sei der Vollender des hundert Jahre früher begonnenen Münsters von Kolmar. *) Die Grundriss-

*) Strobel a. a. O. II. 334. gibt die Grabschrift: Anno domini MCCCLXIII. II. Id. Febr. obiit Wilhelmus de Margburg Magister operis Sancti Martini Columbariensis et Gredo uxorcius.

bildung zeigt uns auf den ersten Blick das entwickelte Schema einer gothischen Kirche. Die runden mit vier Diensten besetzten Pfeiler sind in dichten Intervallen bei einer Mittelschiffsweite von ungefähr 33 Fuss angeordnet, so dass sechs längliche Gewölhjoche das Mittelschiff, ebenso viel quadratische das Seitenschiff bilden. Das letzte Pfeilerpaar gegen Westen ist stärker als die übrigen, achteckig nnd mit acht Diensten besetzt. Wie in Ruffach hat es die Bestimmung, einen ansehnlichen Thurmbau zu tragen. Obwohl nun die Verhältnisse von stattlicher Grösse sind, entspricht doch die innere Wirkung der Kirche keineswegs dem angewandten Massstabe. Wenn zum Theil die hässliche moderne Tünche dazu beitragen mag, so liegt der Hauptgrund doch in dem etwas nüchternen Gefühl, das in der gesammten Formausprägung sich zu erkennen giht. Eine bäuerlich derbe, selbst etwas ungeschlachte Charakteristik, weit entfernt von dem künstlerischen Feinsinn der Ruffacher Kirche, beeinträchtigt den Werth des Kolmarer Baues. Die Profile an Fenstern, Bögen und Gesimsen sind stumpf und ausdruckslos, die Arkadenbögen rechtwinklig abgestuft und an den Ecken mit einer Kehle abgeschrägt; die Gurte und Rippen nach demselben nüchternen Prinzip behandelt. An den Pfeilern, selbst an den achteckigen Thurmpfeilern zeigen die Basen noch romanische Reminiszenzen; die östlichen Eckpfeiler am Chor und Kreuzschiff sind sogar noch Reste eines romanischen Baues, aus dem man allmählig in das Gothische übergelenkt zu haben scheint; denn ihre reiche Gliederung gehört der romanischen Schlusszeit an. Die Arkadenpfeiler haben kelchförmige Kapitäle ohne allen Schmuck; nur die oberen Kapitäle und die in den Seitenschiffen zeigen gothisches Laubwerk herkömmlicher Art. Die Wand über den Arkaden ist dürftig und leer, ohne Gliederung. Die Fenster, abwechselnd drei- und viertheilig, zeigen ein gutes aus Vierpässen bestehendes Masswerk.

Der Chor ist in der Breite des Mittelschiffes mit drei Kreuzgewölben und einem aus dem Achteck gebildeten Polygonschluss vorgelegt. Ein niederer Umgang wurde, wie es scheint, später hinzugefügt. Die Chorfenster hahen scharfe, aus Kreissegmenten komponirte Masswerke. Es sind die Formen des vorgerückten 14. Jahrhunderts, wahrscheinlich die Arbeiten jenes Wilhelm von Marhurg. Die Netzgewölbe des Querschiffes gehören noch etwas späterer Zeit an. Das Aenssere wirkt hauptsächlich durch die grossartig angelegte Façade mit ihren beiden Thürmen. Schlanke, reich gegliederte Spitzhogenfenster, nnd das Fehlen der Radfenster verrathen den Einfluss deutscher Bauschulen. Die drei Portale sind zu schlank und schmal, namentlich das mittlere, das mit seiner Wimperge hoch in das obere Fenster einschneidet. Die Strebepfeiler an der Façade sind auch hier mit Durchgängen versehen. Am Langhaus herrscht ein System von Strebebögen und Pfeilern, welches durch elegante Fialen sich auszeichnet. Am Chor tragen die Strebepfeiler sehr schöne Baldachine mit Figuren, die von zierlichen Fialen bekrönt werden. Ganz im Gegensatze zur Ruffacher Kirche ist in Kolmar das Aeussere reicher und künstlerischer als das Innere durchgeführt. Das Portal am Kreuzschiff mit seinen Säulchen und Reliefs stammt noch aus romanischer Epoche und beweist also, dass die Umfassnngsmauern der Querarme Reste eines früheren Baues sind.

Da ich auf die seltnen Bilder Martin Schön's und andre werthvolle Kunstwerke der städtischen Galerie hier nicht einzugehen Willens bin, so erwähne ich nur noch die Dominikanerkirche als grosse, überaus schlanke Kirche frühgothischen Styles. Das Hauptschiff, ungefähr 34 Fuss breit und über 70 Fuss hoch, besteht aus sechs Gewölhjochen. Eben so viele Gewölbe hat der lang vorgelegte Chor. Die Fenster, im Chor zweitheilig, im Schiff dreitheilig, zeigen primitives, einfaches Masswerk. Ein Thürmchen erheht sich auch hier wie in Gebweiler an der Südseite. —

Weit reichere Ausbeute erwartete uns in unserer nächsten Reisestation Schletstadt. Der jetzt unbedeutende Ort erhält durch die Festungswerke, mit denen er umgeben ist, etwas unbeschreiblich Oedes und Unbehagliches; aber sobald man seinen kirchlichen Denkmälern nahe getreten ist, vergisst man die unscheinbare Gegenwart über den Zeugnissen einer glänzenden, kunstsinnigen Vergangenheit. Unser erster Besuch galt dem ältesten der dortigen Bauwerke, der Fideskirche. Ihr Grundriss, den wir beifügen, lässt eine regelmässige, von Anfang an auf durchgängige Wölhung berechnete romanische Kirche erkennen. Ein von einer Apsis geschlossener Chor mit kleineren Nebenchören, die ebenfalls Apsiden haben, ein Kreuzschiff, über welchem sich ein achteckiger Thurm er-

hebt, endlich ein aus drei Gewölbjochen bestehendes Langhaus, an welches sich zwischen zwei Westthürmen eine hübsch angeordnete Vorhalle schliesst, das sind die Grundzüge des Baues. Die Verhältnisse sind mässig, das Mittelschiff misst 20 Fuss Breite, die Seitenschiffe sind halb so breit. Ueber den letzteren sind Emporen angebracht, die in spätgothischer Zeit durchgreifend umgeändert worden sind, deren ursprüngliche Anlage jedoch durch die breiten Treppenaufgänge in beiden Westthürmen bezeugt wird. Der im Elsass beliebte Wechsel verschiedenartiger Stützen (bekanntlich eine mehr in Deutschland als in Frankreich heimische Anordnung) findet auch hier statt; die Arkadenbögen ruhen abwechselnd auf kräftigen mit vier Halbsäulen gegliederten Pfeilern oder auf einem aus vier zusammengeschobenen Dreiviertelsäulen bestehenden Bündelpfeiler. Die Gewölbe sind sämmtlich im Rundbogen durchgeführt; die im Mittelschiff haben runde Kreuzrippen. Die Arkaden dagegen sind spitzbogig, was allein schon die Kirche, entgegen der gewöhnlichen Annahme, welche sie noch dem 11. Jahrhundert zuweisen will, zu einem Bau der zweiten Hälfte des 12. Jahrhunderts stempelt. Auch die Quergurte an den Schildbögen der Kreuzarme haben wegen ihrer engeren Spannung den Spitzbogen erhalten. Die massige Schwere der Pfeiler, der übertrieben derbe Charakter der Glieder, die schwülstige Plumpheit der Ornamentik beweisen nichts für das Alter, sondern bezeugen nur, dass wir es hier mit dem Werk einer sich im Wuchtigen gefallenden Bauschule zu thun haben, die von der eleganten Anmuth und Feinheit der Monumente des oberen Elsass sich scharf unterscheidet. Es mag hier die Bemerkung nicht überflüssig sein, dass wir mit Schletstadt das Gebiet des unteren Elsass betreten, welches zur Diözese Strassburg gehörte, während das obere Elsass in Basel seinen kirchlichen Mittelpunkt sah.

Die Kapitäle zeigen theils die einfache Würfelform (so die meisten in den Seitenschiffen), theils auf Grundlage derselben derbes Pflanzen- und Rankenwerk. Die Deckplatten der oberen Kapitäle, von welchen die Hauptgewölbe aufsteigen, haben wunderliche, in Abständen vertheilte konsolenartige Auswüchse, die sich als Fries im Chor und den Kreuzschiffwänden fortsetzen. Im Ornament spuken allerlei unverdaute antike Reminiszenzen.

Die attischen Basen sind steil und schwerfällig, mit Eckblättern von grosser Willkür. Ueberhaupt ist die scheinbare Alterthümlichkeit, die ein so frühes Datum für die Kirche herbeigeführt hat, nichts als Ungeschick und Plumpheit. Man könnte an einen englisch-normannischen Architekten glauben, wie denn auch am Aeusseren der Zickzack und Formen, welche an unverstandene Mäander- und Eierstäbe erinnern, vorkommen. Durchweg erscheint es innen und aussen bezeichnend, dass die Details zu plump und gross, zu ungefügig und derb im Verhältniss zu den Gesammt-Dimensionen gerathen sind. Zu den barocken Wunderlichkeiten gehört namentlich noch, dass die Ansätze der Gewölbrippen über den Pfeilerkämpfern als kurze Säulchen gestaltet sind, die nach der Gewölblinie sich krümmen.

Die ursprüngliche Anordnung, mit welcher die Emporen sich gegen das Mittelschiff öffneten, ist nicht mehr nachzuweisen. Auffallender Weise steigt an den Arkadensäulen ein Dienst auf, der an der Emporenbrüstung abgeschnitten ist. Ob derselbe mit dem Plan sechstheiliger Gewölbe verbunden war, was ebenfalls an Normannisches erinnern würde, muss dahingestellt bleiben. Jedenfalls wäre dieser Plan, wenn er überhaupt bestanden haben sollte, zu Gunsten der viertheiligen Kreuzgewölbe noch während der Bauführung verlassen worden.

Originell ist die Vorhalle zwischen den beiden Westthürmen angelegt; die Seiten mit Tonnengewölben, der Mittelraum mit einem Kreuzgewölbe bedeckt. Das Portal ist reich, aber derb in seinen Formen. Nach aussen öffnet sich die Vorhalle mit einem schlichten Rundbogenportal, neben welchem jederseits ein durch eine Säule getheiltes Fenster dem Raume Licht gibt. Wunderlich genug ist dieser mittlere Theil der Façade durch einen Rundbogen und zwei Spitzbögen auf vier Wandsäulen dekorirt. Die Archivolten sind wie gewundene Taue spiralförmig geringelt; aus ihren Fusspunkten und von der Mitte der Bögen steigen abermals Wandsäulen auf, die das obere Gesims tragen. Bei der ungleichen Spannung der Bögen wird das Ungeschickte dieser Anordnung noch durch die verschiedenartigen Intervalle in ein böses Licht gesetzt. Von den beiden Thürmen ist der nördliche gleich ursprünglich um ein Geschoss höher geführt als der südliche; dieser hat ein gewöhnliches Sattel-

dach, jener eine zopfige Kuppel über einem Obergeschoss aus derselben Barockzeit. Die Schallöffnungen der Thürme ruhen auf Säulchen mit derben verzierten Würfelkapitälen, und ihre Bogenumfassung zeigt sehr plumpe Schachbrettfriese und eine unklare Nachahmung des antiken Eierstabes. Um die Bogenstellungen der einzelnen Seiten miteinander in Verbindung zu setzen, ist man auf den wunderlichen Einfall gekommen, die Schachbrettfriese treppenförmig bis zur Ecke der Mauer fortzuführen. Aehnlich ist es an dem achteckigen Thurm auf dem Kreuzschiff geschehen, dessen langer aus Quadern aufgeführter Helm durch die konvexe Neigung seiner Flächen auffällt. Die Aussenwand des nördlichen Seitenschiffes ist mit Pilastern gegliedert, deren hohe Kämpfer eine unverstandene Nachahmung der korinthischen Kapitälform, daneben auch andere ziemlich plumpe Blattmotive zeigen. Derselbe Charakter einer derben Ornamentik tritt auch am Aeusseren der Chorapsis hervor, die zwischen dem prächtigen Epheu, mit welchem sie fast ganz übersponnen ist, Blendbögen mit Schachbrettverzierung auf gerieften Säulenschäften, und darüber den Rundbogenfries erkennen lässt. Der untere Theil der Apsis rührt von einem älteren Gebäude her. Das Mauerwerk der ganzen Kirche besteht aus einem grobkörnigen, rothen Sandstein, dessen Quader minder fein gefugt sind als an den Bauten des oberen Elsass. So stimmt Alles in der derberen Ausführung überein.

Ihren Höhenpunkt sollte die mittelalterliche Kunst in Schletstadt erst in dem prächtigen Münster erreichen, dessen glänzend ausgeführte Südseite verlockend zur Fideskirche hinüberwinkt. Es ist ein Bau, dem sowohl wegen der originellen Planform (man vergleiche unseren Grundriss) wie wegen des Adels der künstlerischen Durchbildung eine beachtenswerthe Stelle unter den frühgothischen Gebäuden Deutschlands gebührt. Was bis jetzt in den Handbüchern über denselben mitgetheilt ist, beschränkt sich auf ganz oberflächliche Notizen, die ich nun durch eine genauere Beschreibung zu vervollständigen denke.

Der Bau fällt wie man sieht, durch die originelle Gestalt seines Chores und seines westlichen Abschlusses beim ersten Blick schon auf. Ein geradliniger Chor von drei Gewölbjochen, unter dessen östlichen Theilen eine gothische Krypta mit vier Kreuzgewölben auf einer kurzen Säule sich hinzieht, zeigt gegen das Querschiff eine zierliche und wirksame Erweiterung durch polygone Seitenkapellen. Dann folgt ein durch sechs Arkaden jederseits getheiltes dreischiffiges Langhaus, welches zuletzt sich zu einem zweiten Kreuzschiff erweitert. Das Mittelschiff misst 25 Fuss Breite im Lichten, die Gesammtlänge des Baues im Innern 210 Fuss. Die Verhältnisse sind also bescheiden, aber sie erscheinen durch die glückliche Disposition und den schlanken Aufbau bedeutender. Namentlich gewinnt der Chorschluss durch ein grosses Fenster in der östlichen Wand eine prächtige Wirkung.

Die Pfeiler haben die entwickelte gothische Grundform, aber der Wechsel von stärkeren und schwächeren erinnert noch an romanischen Brauch. Die stärkeren Pfeiler bestehen aus vier kräftigeren und vier schwächeren Diensten, die durch Hohlkehlen getrennt werden; die schwächeren aus vier ebenso getrennten, ziemlich kräftigen Diensten. Mit diesem Wechsel stimmen auch die östlichen beiden Gewölbe des Schiffes überein, da sie die quadratische sechstheilige Anlage zeigen. Erst im weiteren Fortschritt des Baues liess man von dieser schwerfälligeren Anlage ab und gab den letzten Gewölben die engere Form, welche der gothische Styl inzwischen anwenden gelehrt hatte. Die beiden östlichsten Pfeiler haben eine runde Basis, die übrigen jene polygone des entwickelten gothischen Styles, die aus einem übereck gestellten und an den Kanten abgeschrägten Quadrate sich ergibt. Die Seitenschiffe müssen noch von einem romanischen Baue stammen; darauf deuten ihre Rundbogenfenster, die mit den gothischen Gewölben nicht korrespondiren; darauf ihre romanischen Wandpfeiler und Säulen mit eckblattgeschmückter Basis. Auch im Kreuzschiff gewahrt man noch Spuren romanischer Anlage. Es mag hier wie an vielen Orten gegangen sein; man war gegen Ende der romanischen Epoche in vollem Bau begriffen; dann kam vielleicht eine Unterbrechung durch Mangel an Mitteln oder feindliche Zeitumstände veranlasst. Als man nun den Bau wieder aufnahm, hatte sich inzwischen an anderen Orten der gothische Styl vollständig entpuppt und war so mächtig geworden, dass man seinen wirklichen oder vermeinten Vorzügen sich nicht verschliessen konnte, sondern den romanisch angefangenen Bau gothisch fortführte und vollendete. In der Formenentwicklung steht der Bau zwischen dem Münster von Ruffach und

dem von Kolmar, nicht mehr so streng romanisirend wie jener, und noch nicht so entschieden gothisch wie dieser. Vom inneren System des Schiffbaues geben wir eine Zeichnung, die das Edle, Schlanke der Verhältnisse, die reiche und durch den Wechsel noch anziehendere Gliederung der Pfeiler, die primitiv schlichten selbst nüchternen gothischen Fenster veranschaulicht. Um die monotonen Flächen der Oberwand des Schiffes zu beleben, hat man sich auch hier zwar nicht zu einem Triforium aufgeschwungen, an Stelle desselben jedoch viereckige Oeffnungen angebracht. Die Arkaden- und Gewölbgurte haben noch breite an romanische Form erinnernde Profile und jene Abschrägung der Kanten, die ähnlich auch in Kolmar vorkommt; aber das reiche und edel stylisirte Laubwerk der Kapitäle, sowie der gesammte fernere Charakter der Ausführung lässt in Schletstadt eine frischere Künstlerhand erkennen.

Sehr geschickt ist das westliche Querschiff, das bei der inneren Perspektive schon so günstig wirkte, auch am äusseren zu einer bedeutenden Steigerung des Effekts verwendet worden. Da nämlich die Westfaçade auf eine schmale Gasse hinausgeht, so hat man sie mit einem geringeren Portal und zwei schlanken zweitheiligen Fenstern neben demselben genügend abgefunden, dafür aber die südliche Wand des westlichen Querschiffs zur eigentlichen Schauseite erhoben. Ueber einem reichen Portal steigt ein brillantes Fenster mit prächtiger Masswerkfüllung, die das Motiv des Radfensters aufnimmt, empor und vereinigt sich mit dem stattlichen Thurmbau zu glänzender Wirkung.

Am Langhaus dagegen ist das Strebsystem primitiver und roher als zu Kolmar, und auch darin nimmt dieser Bau eine Entwicklungsstufe zwischen den Kirchen von Ruffach und Kolmar ein. Die Strebepfeiler sind nur mit kurzen Fialen bekrönt. An der Südseite sieht man ein Rundbogenportal aus spätromanischer Zeit, jederseits durch drei mit Ringen versehene Säulchen eingefasst. Die Kapitäle haben schlanke Knospen, die Thür zeigt noch den charaktervollen alten Eisenbeschlag. In der südlichen Querschiffwand, aber nicht in der Mitte, liegt ein zweites kleineres Portal, das frühgothisches Gepräge verräth. Dass das ganze Querschiff im Wesentlichen noch aus romanischer Zeit herrührt, beweist der breite schwere achteckige Thurm auf der Vierung, der noch keine gothischen Formen kennt. Der Chor dagegen mit seinen brillanten Fenstern (viertheiligen an den Seiten und einem sechstheiligen in der Schlusswand) datirt aus der Spätzeit des 14. Jahrhunderts. Die Strebepfeiler sind hier mit vorgesetzten Fialen geschmückt. Der ganze Bau, dessen Werth aus dem Gesagten zur Genüge erhalten wird, ist aus rothen Sandsteinquadern aufgeführt.

In Schletstadt bleibt ausserdem noch die Dominikanerkirche zu erwähnen, in Anlage und Ausführung jenen von Kolmar und Gebweiler verwandt. Nur ist der aus dem Achteck geschlossene Chor mit Nebenchören versehen, die ebenfalls polygon sind, einigermassen der Dominikanerkirche in Regensburg verwandt. An der Stadtseite steigt ein Thürmchen mit zierlich durchbrochener Steinspitze empor. Die Pfeiler haben wie in der Dominikanerkirche zu Kolmar in der Zopfzeit sich eine Maskirung in korinthische Riesensäulen gefallen lassen müssen. Die Westseite der Kirche stösst in schiefem Winkel an das Langhaus, dem Zuge der angrenzenden Gassen genau folgend.

Sehr befriedigt von unserer Ausbeute verliessen wir Schletstadt, benutzten die Eisenbahn bis zur zweiten nördlichen Zwischenstation und schlugen dann den Weg landeinwärts gegen das Gebirge ein, um der alten Abtei Andlar einen Besuch zu machen. Nach einer Fahrt von etwa anderthalb Stunden erreichten wir den stillen kleinen Ort, der malerisch an einem der Ausläufer der Vogesen liegt und von einem unbedeutenden Bach durchflossen wird. Das Gebiet der ehemaligen Abtei macht sich noch jetzt durch seine ausgedehnte Umfassungsmauer bemerklich, und wir geriethen durch diese vielversprechende Umgebung in jene erwartungsvolle Stimmung, welche den Freund des Alterthums an solchen Orten zu ergreifen pflegt. Als wir das Eingangsthor der Abtei durchschritten, ragte der Bau in beträchtlichen Massen vor uns auf, und aus einiger Entfernung glaubten wir es wirklich mit einem Denkmal des 11. Jahrhunderts zu thun zu haben. Bei näherer Prüfung erkannten wir freilich bald die Täuschung, machten aber zugleich eine kunstgeschichtlich fast noch merkwürdigere Entdeckung. Es ergibt sich nämlich alsbald, dass man mitten in der Barockzeit, wie es scheint im 17. Jahrhundert, hier einen durchgreifenden Neubau ausgeführt hat,

bei welchem nur die Thurmpartie und die Krypta vom alten Bau beibehalten, alles Uebrige aber nach Raumdisposition, Wölbungsart und Einzelausführung in einer Weise dem romanischen System angepasst wurde, wie es vielleicht nicht zum zweiten Mal irgendwo vorgekommen ist. Allerdings hat man an der Kathedrale zu Orleans ein Beispiel von einem ähnlichen späten Festhalten am gothischen Styl; aber der gothische Styl mit seinem bestechenden Prunk lässt das eher erklärlich erscheinen, während es in der That denkwürdig ist, dass man in einer üppig entarteten Zeit beim Neubau der Kirche einer reichen Abtei zu den fast puritanisch strengen Formen des Frühromanischen zurückgriff.

Die Kirche besteht, wie unser Grundriss erkennen lässt, aus einem geradlinig schliessenden Chor, dem Querschiff mit Emporen über beiden Armen, dem dreischiffigen Langhaus mit Emporen über den Abseiten und dem westlichen Thurmbau mit einer Vorhalle. Unsere Zeichnung gibt rechts das untere, links das obere Geschoss. Man schreibt die Gründung des Klosters der Königin Richardis, Gemalin Karls des Dicken zu, welche im Jahre 880 hier ein Gotteshaus für Benediktinerinnen gestiftet haben soll*). Die Kirche muss aber in der zweiten Hälfte des 11. Jahrhunderts einen durchgreifenden Neubau erfahren haben, denn dieser Zeit schreibe ich die alten Theile derselben zu. Diese sind erstlich die Krypta, die sich unter dem Chor und der Kreuzschiff-Vierung erstreckt, beide Theile durch Pfeiler mit Halbsäulen getrennt. Die östliche und die westliche Hälfte bestehen sodann aus je neun Kreuzgewölben auf vier Säulen, denen in der östlichen Abtheilung Halbsäulen, in der westlichen Pilaster an den Wänden entsprechen. Drei Fenster an der Ostseite geben dem Raum ein spärliches Licht. Sein Eingang liegt im nördlichen Querschiffsarm. Die Säulen mit ihren kurzen stark verjüngten Schäften, den schweren Würfelkapitälen mit abgeschrägter Deckplatte, den steilen attischen Basen ohne Eckblatt tragen das Gepräge frühromanischer Zeit.

Derselben Epoche gehört nun auch der Thurmbau an, welcher sich in ganzer Breite des Langhauses als gesonderter westlicher Theil anschliesst. Es sind zwei Thürme, zwischen welchen eine kreuzgewölbte Vorhalle, und über dieser eine tonnengewölbte Empore angelegt ist. Der Aussenbau ist ganz mit Lisenen und Gesimsen im Charakter des 11. Jahrhunderts (oder spätestens des beginnenden 12.) gegliedert. Besonderes Interesse erregt das Portal. Im Bogenfelde ist Adams und Evas Sündenfall und die Geschichte Christi in einem schweren, flachen Reliefstyl dargestellt, dessen stumpfe Figuren etwa den Leistungen unserer Lebkuchenbäcker entsprechen. In demselben Styl sind flache Reliefs im breiten Bande als Gesims über dem Untergeschoss des ganzen Westbaues herumgeführt. Sie enthalten allerlei Phantastisches, Gestalten aus dem Thierkreis, ferner Männer und Frauen auf Fischen, Ritter, Fusskämpfer, verschiedene Thiere, Kentauren, Bogenschützen, kurz eine Musterkarte des plastischen Vorstellungskreises romanischer Frühzeit. Die alten Theile des Baues sind aus rothen Sandsteinquadern, unregelmässig untermischt mit einem hellgrauen Stein errichtet.

Zwischen die östlichen und westlichen Partien schiebt sich nun der Umbau, der mit Ausschluss des Chores und der Vierung das ganze Innere betroffen hat. Im Chor sieht man denselben Konsolenfries und in der Vierung dieselben gebogenen Gewölbesäulchen über den Pfeilerkämpfern, die wir auch in St. Fides zu Schletstadt fanden. An den breiten Vierungspfeilern sind steinerne Wendeltreppen angebracht, welche auf die Emporen führen. Ungewöhnlich breite Treppen liegen aber auch in den Thürmen, um von dort aus ebenfalls auf die Emporen zu gelangen, ein Beweis, dass die Emporenanlage hier wie in Schletstadt schon dem alten romanischen Bau angehörte. Beim Umbau hat man sogar die romanische Pfeilerform mit Ecksäulchen für die Gewölbe aufgenommen und in dem antikisirenden sogenannten toskanischen Styl der Renaissancezeit durchgeführt. Der dorische Puritanismus trifft dabei merkwürdig gut mit dem frühromanischen zusammen. Die Wirkung des weiten, freien und lichten Inneren ist eine überraschend harmonische und stattliche. —

Einige Meilen nördlich von Andlau liegt **Rosheim**, über dessen interessante Kirche schon Schnaase*) eingehender berichtet hat. Wir lassen unter Bei-

*) Schöflin, a. a. O. I. p. 735. sqq. Vgl. Königshover's Chronik (Strassburg 1698). p. 105 d. u. 286. d.

*) Geschichte d. bild. K. IV. 2. S. 136.

fügung eines Grundrisses, so wie des Aufrisses des inneren Systems und mehrerer Details, einige weitere Bemerkungen folgen. Im Gegensatz zu der Kirche von Andlau haben wir hier einen Bau aus einem Gusse vor uns, der im Wesentlichen unverändert noch so steht, wie er um die Mitte des 12. Jahrhunderts aufgeführt wurde. Der Bau zeigt den feinen, gelben Sandstein, dessen herrlicher Goldfarbe wir an den oberelsassischen Monumenten schon begegnet sind. Das Quaderwerk hat dieselbe sorgfältige Behandlung, denselben feinen Fugenschnitt. Lisenen und Bogenfriese beleben alle Aussenwände in wirksamer Weise; doch sind hier wie in Schletstadt die Einzelformen etwas zu derb und gross für den kleinen Bau. Auf dem Kreuzschiff erhebt sich der im Elsass beliebte achteckige Thurm, in seinen unteren Theilen romanisch, in den oberen gothisch. Ein Westthurm fehlt; statt dessen ist die Façade mit ihren Giebeln fast antikisirend behandelt; namentlich geben die grotesken Figuren auf den Ecken und der Mitte des Daches (vergl. unsere Zeichnung) eine, wenngleich mittelalterlich phantastische, Reminiszenz an Akroterien. Auffallend sind auch die wunderlichen Konsolenfriese, die wir ähnlich an St. Fides zu Schletstadt fanden. Die Dekoration des Aeusseren beschränkt sich im Uebrigen fast ausschliesslich auf eine etwas trockne und spröde Verwendung von linearen Verzierungen. Schachbrettfriese, Band- und Flechtwerk spielen die Hauptrolle, und an den beiden Portalen ist ebenso durch gerippte und geriefelte Säulen der ganze ornamentale Aufwand erschöpft. Am Westportal haben die Säulen sogar nicht einmal Kapitäle.

Das Innere zeigt die Form einer kleinen regelmässig angelegten Kreuzkirche: Chor mit Apsis, Kreuzschiff mit Apsiden auf den Seitenarmen, von denen die südliche wenigstens in den Spuren noch nachzuweisen; endlich ein Langhaus, in welchem Pfeiler für die grossen Kreuzgewölbe des Mittelschiffes mit Säulen für die Arkaden wechseln. Auf die zwei grossen Gewölbe folgt aber westlich ein schmaleres Gewölbejoch, welches auf den Gedanken bringt, dass dort ursprünglich Thürme beabsichtigt oder wirklich vorhanden gewesen seien. Wenn wir damit eine Nachricht bei Königshover vergleichen*), so scheint das letztere der Fall zu sein. Denn er berichtet von einem grossen Brande, der im Jahre 1385 die Stadt betroffen, und fügt hinzu: „do verbrantent och die kirchen mit den Glocken und die türme was von holtzwerke dran was.“ Es wäre dann freilich bemerkenswerth, wenn man damals noch, mit Fortlassung der Thürme, zu einer so stylgerechten Wiederherstellung im Stande gewesen wäre. Eine andere eben dort mitgetheilte Nachricht von einer Feuersbrunst, welche im Jahre 1132 die Stadt verheerte, steht vielleicht in Bezug zum Bau der Kirche, denn das vorhandene Werk könnte seinem künstlerischen Charakter nach recht wohl nach jenem Ereigniss begonnen worden sein.

Die Schiffarkaden haben, wie unsere Abbildung zeigt, eine Neigung zum Spitzbogen, die Gewölbe dagegen sind im Rundbogen mit stark aufsteigendem Scheitel ausgeführt, die Rippen als breite rechtwinklige Bänder oder als Rundstäbe gestaltet. Die Sockel der Pfeiler haben die Form einer eleganten attischen Basis; die Pfeilergesimse und die Deckplatten der Kapitäle variren, indem sie abwechselnd unter der Platte einen einfachen kräftigen Wulst haben, oder noch eine Hohlkehle dazu nehmen. Die Säulenkapitäle zeigen derbe Würfelform mit allerlei linearen und figürlichen Verzierungen; einmal zieht sich ein Kranz von kleinen Köpfen rings um den Ablauf des Kapitäls herum. (Man vergl. unsere Abbildungen.) Die Säulenschäfte sind ungewöhnlich kurz, schwer und stark verjüngt, die Basen zeigen die steile, bisweilen etwas stumpfe attische Form mit schlichtem Eckblatt. Die ganze Behandlung hat das Gepräge eines fast herben, aber durch seine Energie doch anziehenden Ernstes. Die Gewölbeansätze, von welchen wir ebenfalls eine Abbildung beifügen, ruhen auf Kragsteinen, die mehrfach durch hockende Figürchen gestützt werden. Die Rippen beginnen mit einer kleinen originellen Verzierung. In jedem Schildbogen sind zwei rundbogige Fenster angeordnet, bloss im letzten war nur für ein einzelnes Raum. Hier tritt auch am Gewölbe, wegen der ungleichen Seiten, der Spitzbogen auf, dem man in einzelnen Schildbögen der Seitenschiffe ebenfalls begegnet.

An der Ostseite des südlichen Querflügels neben dem Chor stösst ein noch aus romanischer Zeit stammender Nebenbau, über welchem sich eine Empore

*) Chronic. univ. 221. d.

erhebt. Letztere öffnet sich mit einem grossen Doppelbogen auf einer schlanken mittleren Säule gegen das Kreuzschiff. Ueber die Bestimmung und ehemalige Bedeutung dieser Anlage vermag ich nichts mitzutheilen.

Von Rosheim wandten wir uns nach Strassburg. Es ist nicht meine Absicht, hier ausführlicher auf die Denkmäler dieser noch immer so bedeutenden Stadt einzugehen. Selbst über das Münster enthalte ich mich diesmal jeder Mittheilung, da ich meine Ansicht über die Geschichte des Baues und über den künstlerischen Werth desselben an anderem Orte schon ausgesprochen habe*). Ich will nur darauf hindeuten, dass die romanischen Theile des Baues, Apsis und Querschiff, in der derben Formbehandlung entschiedene Verwandtschaft mit den oben besprochenen Denkmalen des unteren Elsass zeigen. Der Thurm auf dem Kreuzschiffe ist auch hier vorhanden, aber er verbindet sich wie am Münster zu Ruffach mit einem erhöhten Kuppelgewölbe. Die zweischiffige Anlage der Kreuzschiffarme fanden wir, gewiss als Nachahmung einer alten Disposition, schon an der Kirche zu Andlau. Ueber die Dimensionen dieses grossartigen Baues, dessen Langhaus und Façade meines Erachtens weitaus das Bedeutendste ist, was die Gothik in Deutschland geschaffen, will ich nach genauer Messung bemerken, dass das Mittelschiff 52 Fuss 3 Zoll Rhein. von Achse zu Achse der Pfeiler, im Lichten aber 47 Fuss 6 Zoll misst. Danach ist die Angabe bei Otte, Handbuch der Kunst-Archäologie 4. Auflage S. 83 zu berichtigen.

Eingehender beschäftigten wir uns mit der Stephanskirche, einem spätromanischen Bau von origineller Anlage der östlichen Theile. Die Apsis stösst nämlich, ganz wie bei dem Münster, unmittelbar an den Querschiffbau, nur dass neben ihr zwei kleinere Nebenapsiden sich anschliessen. Diese unmittelbare Verbindung der Apsis mit dem Kreuzschiff, die unser Grundriss veranschaulicht, ist eine noch aus altchristlicher Zeit herübergenommene Anordnung. Die Formen sind hier wie in Schletstadt und Rosheim ziemlich derb und schwer. Die Fenster und Portale zeigen den Rundbogen, die Gewölbe durchweg den Spitzbogen. Die Behandlung der Gewölbe mit ihren breiten Gurten und runden Rippen gibt unsere Zeichnung zu erkennen. Originell sind dabei die Rundbogenfriese an den Pfeilergesimsen und die regelmässig an den Kreuzrippen angebrachten kleinen Vorsprünge, die eine, wenngleich spielende, doch lebendige Wirkung hervorbringen. Das Ganze stammt ohne Zweifel vom Ende des 12. Jahrhunderts. Vom Langhaus stehen nur noch die Umfassungsmauern; die Kirche scheint eine flachgedeckte Basilika gewesen zu sein.

Am Aeusseren bildet die Ostseite mit den drei Apsiden und einem achteckigen Thurm über dem Kreuzschiff ein Ganzes von glücklicher Wirkung. Lisenen und einfache Rundbogenfriese ohne Konsole vollenden die weitere Gliederung der Flächen. Am Kreuzschiffgiebel besteht das Dachgesims aus steigenden Bogen auf Konsolen. Der Sockel und das Dachgesims zeigen einfach derbe Formen, ersterer ganz ähnlich wie in Andlau, nur mit etwas freier geschwungenem Profile. Das schwere rundbogige Westportal hat starke Zerstörung erlitten.

Von Strassburg in nördlicher Richtung unsere Fahrt fortsetzend, machten wir zunächst in Hagenau Halt, um die Georgskirche kennen zu lernen. Es ist, wie unser Grundriss zeigt, eine langgestreckte, ursprünglich flachgedeckte, später mit gothischen Gewölben und einem gothischen Chor versehene romanische Säulenbasilika. Neue weitgestellte Säulenpaare theilen das 135 Fuss lange Vorderschiff. Die Säulen sind schwer und gedrungen, doch nicht so kurz wie die in Rosheim (man vergl. die Darstellung des inneren Systems); auch haben ihre Schäfte keine oder doch eine kaum merkliche Verjüngung. Die beiden östlichen Säulenpaare sind jedoch anders behandelt als die übrigen. Ihre steile attische Basis zeigt noch kein Eckblatt, und ihre schweren Würfelkapitäle haben die normale Form, während an den übrigen Säulen die Basis minder steil und mit derbem Eckblatt geschmückt, das Kapitäl aber an seinen Seitenflächen abgeschrägt ist. Von beiden Säulen fügen wir eine Zeichnung bei. Der gesammte Formcharakter scheint den ersten Dezennien des 12. Jahrhunderts zu entsprechen.

Die Pfeiler des Querschiffes lassen die eleganteren Formen romanischer Spätzeit erkennen. Die Gewölbe und der polygone Ansbau des nördlichen Kreuzarmes

*) Vergl. meinen Aufsatz „Zwei deutsche Münster“ in Westermann's Monatsheften. Jahrgang 1862.

gehören gothischer Zeit an. Der Chor ist ebenfalls ein Zusatz aus etwas früherer Epoche, in den feinen, eleganten Formen der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts. Am Chorpfeiler glaubte ich die Inschrift MCCCLVII (1357) zu entziffern. Ein Sakramentshäuschen vom Jahre 1523 hat die überlustigen Formen spätgothischer Zeit und etliche geringe Statuetten. Die aus derselben Epoche stammende Kanzel ist mit den Gestalten der vier Evangelisten und zweier heiligen Bischöfe geschmückt und am Geländer sieht man eine durch Lebendigkeit und frische Bewegung ansprechende Darstellung des heiligen Georg, wie er die knieende Jungfrau vom Lindwurm befreit.

Das Aeussere der Kirche hat in seinen romanischen Theilen eine kräftige Gliederung des tüchtigen Sandsteinquaderwerks durch Lisenen, Bogenfriese und Schachbrettgesimse, von denen wir eine Abbildung beifügen. Die Formen verrathen den kräftigen Styl des 12. Jahrhunderts, aber noch in strenger Auffassung; nicht zu derb aber auch nicht gerade fein und elegant. Auf dem Kreuzschiff erhebt sich auch hier ein achteckiger Thurm mit zwei runden Treppenthürmchen. Letztere sind mit reich profilirten Lisenen und durchschneidenden Bogenfriesen dekorirt. Am Chor haben die gothischen Fenster in ihren Leibungen den zierlichen Schmuck von Blumenfriesen. Die Strebepfeiler sind mit Fialen, Statuen und Wasserspeiern reich, wenn auch nicht sehr fein ausgebildet.

Wir gönnten uns in Hagenau nur einen kurzen Aufenthalt, weil eine Nachricht von Wandgemälden welche im Münster zu Weissenburg entdeckt sein sollten, mich begierig gemacht hatte, diesen in unseren kunstgeschichtlichen Handbüchern bis jetzt gänzlich mit Stillschweigen übergangenen Ort kennen zu lernen. Wer wird nicht unsere freudige Ueberraschung begreifen, als wir in diesem Bau eine der edelsten Schöpfungen der besten gothischen Zeit und nächst dem ausser aller Linie stehenden Strassburger Riesenwerk das bedeutendste kirchliche Monument des Elsass fanden! Solche Entdeckungen mitten in unseren vaterländischen Gauen gehören zu den lohnendsten Augenblicken im Leben des Kunstforschers und Alterthumsfreundes. Die Kürze der Zeit gestattete uns nur einen Grundriss, eine perspektivische Darstellung des inneren Systems und eine geometrische genauere Aufzeichnung der herrlichen Kreuzgang-Architektur zu entwerfen. Diese Abbildungen werden indess einstweilen genügen, auf den Werth dieses Denkmals aufmerksam zu machen.

Das Münster bildete ursprünglich mit dem dazu gehörenden Benediktinerkloster, dessen Stiftung in das Jahr 731 gelegt wird, ein durch Mauern umschlossenes Territorium, in dessen Nähe die Lauter vorbeifliesst. Im 11. Jahrhundert scheint Abt Samuel das Ganze neu erbaut zu haben. Damals *) erfuhr die Kirche (im Jahre 1074) eine Weihe durch Bischof Heinrich von Speyer. Von diesem Baue stammt der an der Westseite der Kirche erhaltene schwere viereckige Glockenthurm. Das rohe, ungleiche Mauerwerk desselben, das aus einem harten, unansehnlichen schwarzgrauen Stein besteht, spricht für jene Frühzeit. Ebenso die engen Schallöffnungen, deren Säulen mit schweren Würfelkapitälen und ziemlich formlosen breit ausladenden Kämpferaufsätzen versehen sind. Eine Neuerung in etwas glänzenderem gothischen Styl begann Abt Edelin (reg. 1262 — 1293), dem im Wesentlichen die Chorpartie und das Kreuzschiff zugeschrieben werden muss, denn auf diese Theile wird die Nachricht sich beziehen, dass die Kirche 1284 eingeweiht und 1288 vollendet worden sei**). Die übrigen Theile der Kirche sind in dem flüssig entwickelten Styl des 14. Jahrhunderts, zumeist wohl noch während der ersten Hälfte desselben ausgeführt worden.

Der Grundplan der Kirche zeigt manches Originelle. An ein weit ausladendes, auf der Mitte mit einer achteckigen Kuppelwölbung versehenes Kreuzschiff stösst ein kurz vorgelegter aus dem Achteck geschlossener Chor. Dicht neben ihm tritt an der Nordseite des Kreuzschiffes eine Kapelle heraus, die durch vier Seiten eines Achteckes gebildet wird; an der Südseite ist man dagegen mit einer zweiten Kapelle bis zum Ende des Querarmes vorgerückt und hat derselben eine grössere Tiefe und Breite nach der Analogie des Hauptchores gegeben. Dies ist jedoch nicht die einzige Unregelmässigkeit der Anlage. Denn das Langhaus hat an der nördlichen Seite seines 30 Fuss breiten Mittelschiffes nur ein Seitenschiff, an der südlichen dagegen zwei Seitenschiffe erhalten, die

*) Ohleyer, die Kirche zu St. Peter und Paul zu Weissenburg. (Weissenb. 1863). S. 27.

**) Ohleyer, a. a. O. S. 11.

sämmtlich schmaler und niedriger als das Hauptschiff sind. Dem äusseren südlichen Seitenschiff entspricht aber gewissermassen an der Nordseite der schöne, leider stark zerstörte Kreuzgang des ehemaligen Klosters. Aber das äusserste südliche Seitenschiff beschränkt sich auf die ersten vier Gewölbjoche, wo eine Quermauer es abschliesst. Die drei westlichen Gewölbjoche sind in origineller Weise zu einer grossartigen offenen Vorhalle henutzt, welche das Hauptportal der Kirche umschliesst. Von dieser Seite allein hatte das Volk seinen Zutritt. An der Westfaçade hätte schon die Beibehaltung des alten Thurmes keine stattliche Portalentfaltung zugelassen. Man zog es daher wie am Münster zu Schletstadt vor, den Haupteingang an die Südseite zu legen, und die alte Vorliebe für schöne Vorhallen, die in den romanischen Monumenten des Elsass schon so manche eigenthümliche Schöpfung hervorgebracht, feiert hier noch in gothischer Zeit einen neuen Triumph.

Ueber das System des Innern ist unserer Zeichnung nur wenig hinzuzufügen. Der Chor trägt noch das Gepräge des 13. Jahrhunderts. Seine schlanken zweitheiligen Fenster haben Theilungssäulchen mit zierlichen Kapitälen und ihr Masswerk setzt sich aus drei Dreipässen noch ziemlich locker zusammen. Das Kreuzschiff ist an der Südwand durch ein prachtvolles sechzehntheiliges Radfenster von etwa 20 Fuss Durchmesser, ein kleineres Nachbild der herrlichen Rose des Strassburger Münsters, geschmückt. Die Kuppel auf dem Kreuzschiff ist ebenfalls der des Strassburger Münsters nachgebildet, aber besser beleuchtet und dadurch von schönerer Wirkung. Sie erhebt sich etwa 95 Fuss hoch, während das Mittelschiff etwa 65 Fuss Höhe erreichen mag. Die mit vier Diensten versehenen Rundpfeiler des Mittelschiffes sind dünn und schlank. Ihre unteren Theile mögen ebenfalls vom Ende des 13. Jahrh. stammen, denn ihre Basen sind noch fast romanisirend, mit platt gedrückter attischer Form auf rundem oder viereckigem Sockel. Die Kapitäle zeigen dagegen überall, namentlich im äussersten südlichen Seitenschiff, durchgebildetes gothisches Laubwerk von grösster Schärfe, Feinheit und Vollendung. Auch die viertheiligen Fenster des Mittelschiffes, die indess wegen der Höhe der Seitenschiffdächer bis an die Krönungen geschlossen sind, haben die Vierpässe des gothischen Masswerkes. Am Ende des Mittelschiffes ist auf schlanken Pfeilern eine kleine Empore eingebaut. An der westlichen Wand des äusseren südlichen Seitenschiffes steht ein spätgothischer Baldachin von einem ehemaligen „heiligen Grabe“, dessen bildnerischer Schmuck gleich den Statuen im Innern und vom Aeusseren der Kirche von der Revolution zerstört worden ist. Das Glasfenster darüber enthält die Gestalten der Stifter und die Jahreszahl 1487. Leider sind auch die übrigen Denkmäler der Kirche, namentlich der Hochaltar und das Sakramentshäuschen, der Zerstörung anheimgefallen. Nicht besser ist es dem steinernen Lettner gegangen, der zwischen den Kreuzschiff-Pfeilern angebracht war. Erst seit Kurzem hat man eine verständig geleitete Wiederherstellung des Innern begonnen, und durch die Bemühungen des Hrn. Prof. Ohleyer sind unter einer mindestens dreihundertjährigen Tünche Wandgemälde aufgedeckt worden, die schon wegen der Seltenheit ausgedehnter Wandmalereien gothischer Zeit Beachtung verdienen. Sie tragen das Gepräge des 14. Jahrhunderts und bedecken, so weit man bis jetzt ermittelt hat, beide Seitenchöre und den ganzen südlichen Querflügel. In der Kreuzkapelle fand man die Sendung des heil. Geistes und den Kindermord zu Bethlehem; diese Kapelle wurde 1284 zu Ehren des Erlösers und der unschuldigen Kindlein geweiht. In der südlichen Kapelle sind Gemälde entdeckt worden, die sich auf die Geschichte der heil. Jungfrau beziehen; es war also ohne Zweifel eine Marienkapelle. Endlich ist eine ganze Folge von Wandgemälden an der Giebelwand des südlichen Querschiffes zu Tage getreten. Sie enthalten zunächst in einer Reihe gemalter Nischen Christus sammt den Aposteln; sodann die Darstellung des Lebens Christi von der Leidensgeschichte bis zur Sendung des heil. Geistes in 17 Bildern. Den Abschluss macht das jüngste Gericht. Endlich kommen dazu noch die Darstellungen der Werke der Barmherzigkeit. Ohne gerade durch hohen künstlerischen Werth hervorzuragen, zeigen diese Gemälde den Styl der Frühzeit des 14. Jahrh. in anziehender und liebenswürdig naiver Weise. Dazu kommen aber noch Reste alter Glasgemälde in den Fenstern des Chores, der Querflügel und des südlichen Seitenschiffes, Werke von wunderbarer Pracht und Farbenglut, in den ornamentalen Thei-

len, den Pflanzen, Flechtwerken und verschlungenen Bändern noch romanisch stylisirt und von musterhafter Gesammtwirkung. Im mittleren Cherfenster stehen Geschichten des alten und des neuen Testamentes einander gegenüber, noch ganz in jenem Parallelismus, den das frühe Mittelalter in seinen Darstellungen anzuwenden liebte. Dieser prächtige malerische Schmuck, vereint mit den schlanken Verhältnissen, der feinen Anmuth der Details und den schönen perspektivischen Durchblicken, gewähren noch jetzt nach so vielen Zerstörungen dem Innern den Reiz einer echt künstlerischen Vollendung.

Das Aeussere der Kirche ist ziemlich einfach, muss aber ehemals durch den schlanken durchbrochenen Thurm auf der Kreuzung eine glänzende Wirkung gemacht haben. Die Spitze desselben wurde abgebrochen, nachdem sie im dreissigjährigen Kriege durch feindliche Kugeln starke Beschädigungen erlitten hatte. An ihrer Stelle krönt jetzt ein hässliches Schieferdach von abscheulich geschweifter Form den Unterbau, der mit seinen Lisenen, Bogenfriesen, Treppenthürmchen und frühgothischen Fensteröffnungen, so wie den einfach geschmückten Giebeln den Charakter des 13. Jahrh. trägt. Die Strebepfeiler des Schiffes zeigen derbe, noch etwas unentwickelte Fialen; Strebebogen sind nicht vorhanden, wenn sie nicht unter den Seitenschiffdächern versteckt liegen.

Die stark verwüsteten, jetzt aber ebenfalls in der Wiederherstellung begriffenen Kreuzgänge, von deren System wir eine Zeichnung beifügen, gehören zu den elegantesten der gothischen Zeit. Noch ist als zierliches Bauwerk der jetzt als Sakristei dienende ehemalige Kapitelsaal zu erwähnen. Er stösst an den nördlichen Querschiffarm, hat Kreuzgewölbe, die auf einer schlanken Mittelsäule ruhen, und an der Ostseite eine aus dem Achteck geformte polygone Altarnische. Ein noch aus romanischer Zeit stammendes Gemach an der Ostseite der Kreuzgänge konnten wir leider nicht näher untersuchen.

Ungern trennten wir uns von einer Stadt, der wir eine solche Ueberraschung und einen so bedeutenden architektonischen Eindruck verdankten. Unser nächstes Ziel war Maursmünster (verwälscht in Marmontier), welches wir von Zabern (Saverne) aus bald erreichten. Wir kannten aus Gailhabaud's Denkmälern der Baukunst die prachtvolle dreithürmige Façade mit ihrer Vorhalle, einen streng romanischen Bau etwa aus der Mitte des 12. Jahrhunderts, ein Werk, das allein schon den Besuch des etwas abseits gelegenen öden Fleckens lohnen würde. Aber wie erstaunten wir, als wir, in die innere Vorhalle eintretend, in der Kirche selbst einen sehr bedeutenden Bau edelster Frühgothik fanden! Unser Grundriss wird die Anlage des Ganzen veranschaulichen. Fünf Joche auf weit gestellten, romanisch gegliederten Pfeilern bilden das dreischiffige Langhaus, dessen Mittelschiff beträchtlich weiter gespannt ist als der mittlere Theil der Vorhalle. Am Kreuzschiff sieht man die frühesten Formen; dort hat der Uebergangsstyl mit romanischen Elementen den Vorrang. Die Pfeiler der Vierung mit ihren Halbsäulen und Ecksäulen, ihren reich entwickelten Kapitälen, ihren eckblattgeschmückten Basen gehören der romanischen Tradition an. Auch die Deckplatten der Kapitäle sind hier noch rechtwinklig geschnitten, und erst die folgenden Pfeiler zeigen die schrägen Deckplatten des gothischen Styles und die derselben Bauweise angehörenden flachen Pfeilersockel. Die Fenster des südlichen Kreuzarmes sind lang und schmal, zu dreien gruppirt, das mittlere viel höher als die beiden anderen, sämmtlich mit den Ringsäulen der Uebergangszeit umfasst. Diese Theile müssen gegen die Mitte des 13. Jahrh. entstanden sein. In der zweiten Hälfte wurde der Bau dann weiter geführt, indem man gothische Formen aufnahm, aber die Pfeiler noch in romanischer Weise, mit rechtwinkligem Profil und durch Halbsäulen und Ecksäulen belebt, anordnete. Aber der gothische Styl tritt mit einer überstürmenden Jugendfrische, einer Lebendigkeit und Energie des Details auf, wie man es nicht häufig findet. Alle Kapitäle sind mit einer Fülle herrlichen Laubwerkes in scharfer charaktervoller Behandlung, wie sie noch dem 13. Jahrh. entspricht, geschmückt. Einigemale hat der ornamentale Uebermuth alle Blätter in phantastische Gesichter travestirt. Ganz köstlich sind die Kapitäle und die zu Konsolen verkröpften Halbsäulen in den Seitenschiffwänden durchgeführt. Von dem Glanz dieser Ornamentik, in welcher romanische Glieder mit gothischen Details sich mischen, geben wir ein Beispiel. Die Kirche ist aber so reich an dergleichen, dass sie eine gründlich erschöpfende Darstellung verdiente. Mehrfach werden diese Kragsteine

von Männergestalten, einmal von einem phantastischen Teufel getragen. Alles spricht von Geist, Schönheit und Humor.

Der Chor ist ein Zusatz aus späterer Zeit, die indess noch mit einem gewissen Verständniss die gothischen Formen behandelt, wenn auch schon, wie namentlich die Gewölbe zeigen, ein buntes Spiel den Ernst der Konstruktion beeinträchtigt. Da auch dieser Theil sich gegen das Schiff wieder erweitert, (von 28 Fuss auf 40 Fuss), so steigert sich die perspektivische Wirkung des Innern dadurch in bedeutsamer Weise.

Am Aeusseren ist, mit Ausnahme der romanischen Theile, die Behandlung eine ziemlich derbe und anspruchslose. Die Strebepfeiler haben einfach kräftige Fialen als Bekrönung und ebenso schlichte Strebebogen, die am Oberschiff auf Säulen aufsetzen. Der gesammte Bau ist, wie gesagt, einer eingehenderen Publikation würdig. —

Ungefähr so weit nördlich von Zabern, wie Maursmünster südlich, liegt Neuweiler, dessen Stiftskirche St. Peter und Paul wir noch einen Besuch zugedacht hatten. Da uns die treffliche Aufnahme dieser Kirche in den „Monuments historiques“ noch nicht zu Gesicht gekommen war, so entwarfen wir einen Grundriss und fügten eine Darstellung des inneren Systems und einiger Details hinzu, die man in Anbetracht der Bedeutung des Monumentes auch hier passiren lassen wird. Unser Grundriss abstrahirt jedoch von der wunderlichen Schiefheit, welche der ganze Bau in allen seinen Theilen auf die beredteste Weise zur Schau trägt. Im Uebrigen wird man alles Wesentliche in unserer Aufnahme richtig finden.

Um mit den ältesten Theilen des Baues zu beginnen, müssen wir zuerst von der Doppelkirche St. Sebastian reden, welche unmittelbar an die Ostseite des Haupthaues stösst, und von der Viollet le Duc in seinem Dictionnaire eine erste Notiz gegeben hat. Es ist eine Doppelkapelle von mässigem Umfange in Form einer kleinen dreischiffigen Basilika auf Säulen, an der Ostseite mit drei parallelen Nischen geschlossen. Die untere Kapelle ist kryptenartig mit zwölf niedrigen Kreuzgewölben bedeckt, die auf sechs Säulen in zwei Reihen und auf vierzehn denselben korrespondirenden Wandsäulen ruhen. Die Basis der Säulen ist eine steile attische ohne Eckblatt, die Kapitäle zeigen die schlichteste Würfelform ohne Wulst, mit Platte und Schmiege als Deckgesims. Diese Formen stehen in so genauer Verwandtschaft mit denen von Ottmarsheim, dass man die Kapelle unmöglich früher als in die erste Hälfte des 11. Jahrhunderts rücken kann. Da nicht die leiseste Spur antiker Reminiszenzen sich bemerklich macht, so darf eine Zurückführung des Baues auf das 10. oder gar 8. Jahrhundert nicht zugestanden werden *).

Die obere Kapelle hat genau denselben Grundriss, aber keine Wandsäulen, sondern nur sechs freie Säulen, über deren Arkaden sich die mit Arkadensims und kleinen Rundbogenfenstern belebte Oberwand des Mittelschiffes erhebt. Die niedrigen, ebenfalls mit Fenstern versehenen Seitenschiffe haben flache Decken, das Mittelschiff lässt den offenen Dachstuhl blicken. Die Pfeilerkapitäle haben dieselbe Grundform wie die der Unterkirche; aber ihre Flächen sind mit phantastisch verschlungenen Schnörkeln und Drachen bedeckt, die den Miniaturen in irischen Manuskripten entsprechen. Hier liegt also ein nordischer Einfluss, vielleicht von irischen Mönchen vor. Auch an der Vorderseite der drei steinernen Altäre sieht man allerlei Flecht- und Bandwerk und gewundene Schnörkel, aber schon in bestimmt ausgeprägten Formen des romanischen Styles, der hier die fremdartigen Elemente seinem Systeme angeeignet hat.

Unmittelbar an die Westseite dieser merkwürdigen uralten Doppelkapelle stösst nun die Stiftskirche, deren Chor zu Gunsten des genaueren Anschlusses rechtwinklig endet. Die Kirche ist ein Bau der romanischen Uebergangszeit, der im zweiten Gewölbjoch des Langhauses zu frühgothischen Formen übergeht. Die östlichen Theile mögen demnach seit 1180 begonnen sein, und die weitere Ausführung wird in die erste Hälfte des 13. Jahrhunderts fallen. An den Chor schliesst sich das aus drei Gewölbquadraten bestehende Querschiff, auf dessen Flügeln je eine ungefähr quadratische Nebenkapelle vortritt.

*) Königshoven pag. 237 sagt: „do men zalte 600 do wart das Kloster zu Neuwilre gestiftet von Herrn Sigewalde dem bischove von Metze; donoch uf hundert und fünfzig Jor do wart das Kloster verbrannt und verherget und wart von Sant Firmin dem bischove wieder gemachet.“

Die Eckpfeiler des Kreuzschiffes mit ihren Halbsäulen und den strengen Knospenkapitälen tragen das Gepräge des Uebergangsstyles; dem entsprechen die breiten spitzbogigen Rippengewölbe, die Rundbogenfenster und das Radfenster des nördlichen Querarmes. Auch das erste System des Langhauses mit seinen niedrigen spitzbogigen Arkaden und deren rechtwinkeligen Umrahmung auf achteckigem Zwischenpfeiler sowie dem rundbogigen Fensterpaar gehört noch derselben Bauführung an. Von da beginnt aber eine neue Behandlung, die man als frühgothisch bezeichnen muss. Die Arkaden werden höher, die Spitzbogen schlanker, die Pfeiler auf rundem Kern mit 4 Diensten gebildet, und auf ihren reich geschmückten Kapitälen erheben sich die gebündelten Dienste für die Gewölbe. Aber als Rest romanischer Tradition behalten die Gewölbe die weite quadratische Anordnung bei; demgemäss wird auch der Wechsel stärkerer und schwächerer Pfeiler, stärkerer und schwächerer Dienstbündel fortgeführt, und das Kreuzgewölbe erhält die in den frühgothischen Bauten Frankreichs bekanntlich allgemein beliebte sechstheilige Gliederung. Ein einziges ungegliedertes Spitzbogenfenster wird jedem Gewölbabschnitt zugetheilt. Nur die Fenster der Seitenschiffe bleiben auch hier rundbogig, da die Umfassungsmauern mit den östlichen Theilen in derselben Bauführung entstanden sind. Alle Glieder- und Detailformen der Kirche sind schwer, breit, voll, so dass sie für viel grössere Verhältnisse entworfen scheinen. Alles aber athmet eine Frische, Energie, und einen solchen Ueberschuss von Lebensfülle, dass namentlich die gothischen Laubhüschel (vgl. unsere Abbildung) durch Schärfe der Charakteristik und Kraft der Behandlung sich auszeichnen. Von der fast plumpen Mächtigkeit der romanischen Gliederungen gehen wir ebenfalls ein Beispiel.

Das Aeussere der Kirche zeigt in den romanischen Theilen einfach ernste massenhafte Behandlung. Nur am Querschiff und dem Mittelschiff des Langhauses sind Rundbogenfriese angeordnet, die sich noch nicht einmal mit einem konsequent ausgebildeten Lisenensystem verbinden. Der viereckige Thurm auf dem Querschiff gehört zu den schlichtesten und charaktervollsten seiner Art. Das Portal vom nördlichen Querschiff ist klein, spitzbogig und mit romanischen Säulchen eingefasst. Sehr reich hat sich dagegen das Hauptportal des nördlichen Seitenschiffes entfaltet. Es ist rundbogig, jederseits mit fünf schlanken und eleganten Ringsäulen umrahmt, und an den beiden dem Portal angrenzenden Wandfeldern sind noch Blendbögen auf ähnlichen Säulen hinzugefügt, so dass eine grössere Portalhalle gleichsam im Relief angedeutet wird. In diesen Theilen des Baues haben zwar die Seitenschiffe noch romanische Lisenen, aber ohne Verbindung mit denselben erheben sich aus den Dächern die schlichten frühgothischen Strebepfeiler mit ihren nicht minder einfachen Strebebogen. Die westliche Façade mit ihrem plumpen Thurmpaar ist ein Werk in den nüchtern anspruchsvollen Formen des 18. Jahrhunderts.

Die Südseite als die dem Kloster zugekehrte ist einfacher behandelt; nur ein zierliches Portal mit hübschem Pflanzenornament führt in den südlichen Kreuzschiffarm. Von den ehemaligen Klostergebäuden ist der Kapitelsaal noch vorhanden. Er zeigt ungefähr quadratische Anlage mit neun Kreuzgewölben auf eleganten Bündelsäulen des 12. Jahrh.

Die ganze Kirche ist ein trefflicher Quaderbau aus dunkelrothem glimmerigen Sandstein. Nur die Sebastianskapelle scheint unter ihrem Mörtelbewurf rohes Bruchsteingemäuer zu bergen.

Neuweiler besitzt ausserdem noch einen Bau spätromanischer Zeit in der jetzt dem protestantischen Kultus eingeräumten Kirche. Es ist ein dreischiffiges Langhaus, an dessen Façade sich zwei runde Treppenthürme, das Mittelschiff flankirend, erheben, während zwischen ihnen das Radfenster vom Querschiffe der Stiftskirche wiederholt ist und am Westportal die schlanken Ringsäulen von dort uns wieder begegnen. Auf dem Kreuzschiff erhebt sich auch hier ein viereckiger Thurm, über welchem eine hohe achteckige Spitze aufsteigt. Die Thürme und die Façade haben durch Rundbogenfriese ein charakteristisch romanisches Gepräge erhalten. Der Chor der Kirche ist abgebrochen. Das Innere zeigt äusserst rohe, schwerfällige Formen, die Arkaden sind in dem breiten Spitzbogen der Uebergangszeit über abgeschrägten Pfeilern aufgeführt. Eng und schwer, plump und derb erscheint das Ganze. Die Pfeilerkapitäle wiederholen die breite Würfelform der frühern Kapitäle in der Stiftskirche. Die spitzbogigen Rippen haben ein etwas zugespitztes Wulstprofil. Mehrere Steine mit

primitiv romanischem Band- und Flechtwerke sind als Reste eines älteren Baues an verschiedenen Stellen eingemauert. —

Das letzte Gebäude auf elsassischem Boden, das wir sahen, ist die unweit Neuweiler liegende Abteikirche St. Johann (St. Jean des Choux). An einem Abhange der wellenförmigen Hügelreihe liegend, genoss diese Abtei einen herrlichen Blick weithin über das fruchtbare Land. Die Kirche ist eine dreischiffige Pfeilerbasilika etwa aus der Mitte des 12. Jahrh., obwohl die plumpe Formlosigkeit auf viel frühere Zeit zu deuten scheint. Ohne Querschiff enden die Schiffe in drei nebeneinander liegenden Apsiden. Das Mittelschiff hat fünf ungefähr quadratische Kreuzgewölbe, deren schwere Rippen auf Halbsäulen ruhen, die in den Ecken der Pfeiler angeordnet sind. Die doppelte Anzahl von rippenlosen Kreuzgewölben kommt auf jedes Seitenschiff. Keine Spur einer reicheren Gliederung oder edleren Belebung ist zu finden; Platte und Schmiege ist die einzige Detailform, die an Pfeilern und Arkadensimsen wiederkehrt. Nur einige unbehilfliche Linienornamente und Flechtwerke, von denen wir ein Beispiel geben, finden sich hie und da an den Pfeilern. Der ganze Bau entfernt sich so weit von dem Style der übrigen elsassischen Denkmale, dass er als Produkt fremden Einflusses angesehen werden muss. Alle Bogen und Gewölbe haben den schweren etwas gedrückten Rundbogen. An die Westseite legt sich ein Thurm der spätern Renaissancezeit.

Hier schliessen unsere Mittheilungen über die Denkmale des Elsass. Manches blieb unbesucht, und namentlich bedauerten wir, von den grossartigen Burganlagen frühmittelalterlicher Zeit, die sich auf den waldbekränzten Höhen des Gebirges als malerische Ruinen erhalten haben, keine nähere Anschauung gewinnen zu können, da die frühe Jahreszeit eine Gebirgswanderung nicht zuliess. Indess denken wir doch durch die Beschreibung einer Anzahl bis jetzt entweder ganz unbekannter oder nur oberflächlich gesehener Monumente einen nicht unerheblichen Beitrag zur Baugeschichte des deutschen Mittelalters vom 11. bis ins 14. Jahrh. geliefert zu haben. Die romanischen Denkmale des Elsass zeichnen sich durch frühe Aufnahme und Ausbildung des Gewölbebaues, durch grossartige und mannigfache Thurmanlagen und originelle Entwicklung der Vorhallen und Portale aus. Sodann gehört das Elsass zu den Ländern, welche zeitig den gothischen Styl Frankreichs aufnahmen, aber dabei doch gewisse echt deutsche Eigenthümlichkeiten festhalten und weiter ausbilden. Zu letzteren gehört vor allen Dingen der bedeutsame Thurmbau. Der gewaltige Thurmriese Strassburgs mit seinem durchbrochenen Pyramidendach steht nicht vereinzelt da; an dem zierlichen Thurm der Kirche zu Thann findet er sein kleineres Nachbild; zu Weissenburg wurde die durchbrochene Pyramide sogar auf den Kuppelbau des Kreuzschiffes übertragen. Im Duodezformat kehrt der durchbrochene Thurmhelm an der Dominikanerkirche zu Schletstadt wieder.

Noch bezeichnender vielleicht ist die Ausbildung des Chorplanes. So bereitwillig die elsassischen Bauten den gothischen Styl Frankreichs aufnehmen, so wenig gehen sie auf die reiche Choranlage mit Umgang und Kapellenkranz ein. Wie schon in romanischer Zeit nicht die radiante, sondern die parallele Anordnung der Apsiden hier allgemeine Regel war, so blieb man auch in gothischer Zeit derselben treu. Sogar bei einem Bau ersten Ranges, wie der Münster zu Strassburg ist, begnügte man sich mit der einfachsten Form des Chorschlusses. So wenig liess man sich hier durch den unleugbar viel grösseren Glanz des spezifisch französischen Grundplanes zum Verlassen der Tradition und zur Nachahmung verlocken.

Aehnlich verhält es sich mit der Höhenentwicklung der Bauten. Sie steht von der extremen Tendenz der französischen Kathedralen ab; selbst der Strassburger Münster hat eine Höhenentfaltung, die mehr romanisch als gothisch, mehr deutsch als französisch ist. Die Triforienanordnung der oberen Schiffwände fiel damit freilich fast immer fort. Nur der Münster zu Strassburg hat sie beibehalten.

Es ist gewiss ein Beweis für die feste deutsche Baugesinnung des Elsass, wenn wir diese Beobachtungen z. B. mit dem vergleichen, was zu derselben Zeit vom Kölner Dom und von der Kathedrale von Metz im Werke war. Dort finden wir das französische System in seiner rücksichtslosen Höhenentwicklung und seinem reichen Chorplan völlig aufgenommen *). Andere gleichzeitige Gebäude Lothrin-

*) Beiläufig mögen hier nach eigener Messung die fast immer unrichtig angegebenen Hauptmaasse dieser letzteren Kathedrale, die zu den grössten und bedeutend-

gens halten mehr an deutschen Verhältnissen fest. So bildet die elegante Kirche zu St. Vincent zu Metz mit drei parallelen polygonen Nischen, die sehr wirksam durch kleine viereckige Kapellen an der Ostseite des Kreuzschiffes, an dessen äusserstem Ende die beiden Seitenchöre vortreten, verbunden werden. So zeigt die Kathedrale von Toul einfachen polygonen Chor, der mit zwei quadratischen Kapellen am Querschiff sich erweitert. Dieselbe Form, aber mit hübscher Polygonentfaltung der Seitenkapellen kehrt denn an S. Gengoult daselbst wieder, wodurch ein deutsch modifizirter Anklang an die radiante Apsidenstellung bewirkt ist. Erst wenn man die westliche Grenze Lothringens überschritten hat, auf dem Boden der Champagne, in Châlons, kommt der reiche französische Chorplan (an der Notre Dame in romanischen Formen, an der Kathedrale dagegen gothische) zur ausschliesslichen Geltung.

Baulichkeiten im Gehölz von Boulogne bei Paris.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 45 — 52 und einem Situationsplan auf Seite 375 im Text.)

Die prächtigen Verschönerungen, welche mit dem alten Gehölz von Boulogne vorgenommen wurden, sind von solcher Beschaffenheit und Wichtigkeit, dass sie bei denjenigen, welche dieses Territorium in jener Zeit kannten, wo es das Eigenthum der Stadt Paris wurde, mehr Bewunderung erregen als bei denen, welche es jetzt zum erstenmal sehen. Wenn man seine Unfruchtbarkeit und seine Monotonie in vergangenen Zeiten nicht gesehen, so würde man glauben, dass die Natur die Mannigfaltigkeit des Terrains und jene Fülle eines klaren Wassers hervorgebracht habe. Der See und besonders der grosse Fluss gewähren einen so erhabenen Eindruck, ihr Umfang ist so grossartig, ihre Herstellung erforderte eine so bedeutende Arbeit, dass man es anfänglich gar nicht glauben kann, ein ausschliesslich von Menschen geschaffenes Werk vor sich zu sehen *). Hier indessen hat der Mensch alles gemacht; er hat nicht allein die Strassen angelegt, sondern er hat auch den ganzen Boden tief umgestürzt, enorme Felsen herbeigeführt und zu malerischen Gruppen gestaltet; auch die Bäume wurden aus der Ferne herangezogen, ohne dass man sich dabei vor Schwierigkeiten oder Kosten scheute. Nur der Umfang dieses Gehölzes ist nicht bedeutend verändert worden. Einige vergleichsweise unwichtige Theile wurden veräussert, und es erheben sich jetzt elegante Landhäuser auf denselben; andere von viel grösserem Umfange wurden gegen Westen bis zur Seine angekauft und es ist dadurch der Flächeninhalt des Gehölzes auf 850 Hektaren gestiegen. Das Gehölz von Boulogne erstreckt sich also von Osten nach Westen zwischen den Fortifikationen und der Seine, deren Gewässer ihm die angenehmste seiner Grenze bietet, von Norden nach Süden zwischen zwei Boulevards neuester Entstehung, begrenzt an der Seite der Privateigenthümer durch ein gleichförmiges Gitter und Lustgärten von mindestens 16m0 Breite, der geringste Abstand, in welchem die Privaten das Recht haben, ihre Bauten zu errichten. Anstatt der ehemaligen düstern Mauern bildet eine Wolfsgrube, deren Böschungen mit Veilchen und Wintergrün bedeckt sind, die Einfassung des Gehölzes und gestattet die Aussicht bis über die Gürtel-Boulevards hinaus, welche wie gesagt,

sten jener Zeit gehört, folgen. Das Mittelschiff der Metzer Kathedrale ist im Lichten 45' breit, also noch breiter als das Kölner Schiff, die Rundpfeiler haben 5' 4" Durchmesser; das Interkolumnium von Axe zu Axe des Pfeilers beträgt 26' 4". Die Breite des Seitenschiffes bis zur Pfeilerachse 23' 4". Die Höhe des Mittelschiffes schätzte ich auf c. 130 Fuss; sie wird aber in der Notice historique sur l'egl. cath. de Metz (Metz, 1861) auf 44m33, also noch etwas höher, angegeben. Die Länge der Kathedrale beträgt nach derselben Notiz 120m80.

*) Die Länge des Sees ist 411m50, seine mittlere Breite 56m80, seine Oberfläche 28775 Quadratmeter und sein kubischer Inhalt 27391 Kubikmeter. Die Länge des Flusses beträgt 1152m, seine Breite am nördlichen Ende 101m50; der Flächeninhalt beläuft sich auf 79229 Quadratmeter.

wiederum mit Anpflanzungen ausgestattet sind. Diese geschickt berechneten Anordnungen vergrössern, wie es beabsichtigt wurde, den scheinbaren Umfang des Gehölzes, so dass man sich nahe an seiner Grenze befinden kann und dennoch glaubt, derselben fern zu sein.

Die prachtvolle Avenue der Kaiserin, welche denselben Bedingungen unterworfen ist als die äusseren Boulevards, ist keine gewöhnliche Allee und verdient, dass wir einen Augenblick bei derselben verweilen. Sie ist nicht bloss der Vorläufer der aristokratischen Promenade, sondern auch das Band, welches das Gehölz selbst durch die Place de l'Etoile, die Champs elysées, die Place de la Concorde, den Garten der Tuilerien und die prachtvollen Paläste, die sich östlich von diesem Garten erheben, mit dem Zentrum von Paris verbindet. Geht man von dem Stadthause oder auch nur von dem Louvre aus, so durchschneidet man eine lange Reihe prachtvoller Gebäude und schöner Anpflanzungen, aus denen die mannigfaltigste und prachtvollste Promenade besteht. Die Grossartigkeit der Kunst, die Macht der Industrie, der militärische Glanz, die einfachsten Schönheiten der Natur, entfalten sich nach der Reihe, und es ist eine ausgemachte Sache, dass eine solche Reihe von imposanten Horizonten in keiner anderen Stadt der Welt existirt.

Die Vorzüge der Avenue der Kaiserin in der zweifachen Beziehung auf Nützlichkeit und Annehmlichkeit sind so unbestreitbar, dass man damals, als man die Absicht fasste, das Gehölz von Vincennes nach Art dessen von Boulogne zu verschönern, die Herstellung eines ähnlichen Weges von 32^{m}0 Breite, von dem Bastilleplatz ausgehend und sich nach diesem Wald durch die Barrière de Neuilly wendend, für unumgänglich nothwendig hielt.

Die Schönheit und das Anmuthige der Kaiserin-Avenue werden indessen nirgends erricht werden; ihre Breite beträgt nicht weniger als 120^{m}0 ohne die Gärten, die sie der ganzen Länge nach begrenzen. Sie besteht aus drei nebeneinander laufenden Wegen für die Wagen in der Mitte, für die Reiter auf der rechten, und für Fussgänger auf der linken Seite, ferner aus zusammenhängenden Rasenplätzen, die zum Theil mit Bäumen vorzüglicher Art und mit Blumenpartien besetzt sind, endlich aber aus einer Gürtelstrasse, welche alle Privatgründe von der Avenue trennt und der letzteren den Zugang gestattet. Das Gitter, welches die Privatbesitzungen von den Gürtel-Boulevards abschliesst, setzt sich nach der ganzen Länge der Avenue fort, und wendet sich um den neuen Platz de l'Etoile, dessen monumentale Bauten als der Schlusspunkt der Umwandlung des Gehölzes von Boulogne und umgekehrt betrachtet werden können.

Von Natur eben und aus Alluvionsgebilden bestehend, hat das Territorium des Gehölzes von Boulogne nicht jene Hügel und Thäler, welche zur Schönheit der Wälder beitragen und in derselben die mannigfaltigsten Massen bilden, welche die angenehmsten Effekte von Licht und Schatten gewähren. Abhängende Flächen gibt es beinahe gar nicht und mit Ausnahme der kurzen gegen die Seine geneigten Strecken sind die übrigen jetzt vorhandenen nur von Menschenhand hergestellte Ondulationen. Die Erde, welche man durch die Ausgrabung der Seen und des Flusses gewann, diente zur Errichtung des Hügels Mortemart, und über derjenigen aus dem Bassin Longchamp ist die grosse Felsenpartie ausgeführt worden. Man trifft in dem Gehölz von Boulogne nicht jene schönen und hundertjährigen Hochwaldpartien, die man in den meisten französischen Forsten bewundert, es zeichnen sich aber die Pflanzungen desselben durch die ausserordentliche Mannigfaltigkeit der Baumarten aus, die noch durch die an den Rand der Wege gepflanzten Gesträuche und Blumenpartien erhöht wird. Die ehemals in gerader Linie durchlaufenden Wege sind vollständig in schlangenförmige verwandelt worden, und nur die Alleen von Longchamps, die der Königin Margaretha, so wie die Departementalstrasse Nr. 29 von Auteuil nach Boulogne bilden gerade Linien.

Alle Eingänge in das Gehölz, ausser jenen durch die Fortifikationslinie gehenden, sind vollständig umgestaltet und breiter gemacht worden als früher. Das eiserne Gitter, womit sie geschlossen werden, ist in geschmackvoller Weise angeordnet und mit runden Gaslaternen geschmückt (Blatt 46).

Mit Ausnahme der Gebäude des Prè Catelan (Blatt 51), der ein Belustigungsort ist, haben die in dem Gehölz von Boulogne errichteten Baulichkeiten einen mehr oder minder ausgesprochenen Charak-

ter der Nützlichkeit. Sowohl wegen ihres Werthes als ihrer Bestimmung sind in erster Reihe die Wächterhäuser zu setzen, deren Anordnung, Architektur und Konstruktionsweise an die englischen Cottages erinnern, welche Benennung in die französische sowie auch in die deutsche Sprache übergegangen ist, um damit jene ländlichen Gebäude zu bezeichnen, welche in England denen nachgeahmt werden, die man daselbst im Mittelalter errichtete, und welche weder rustike Bauten noch Sennhütten sind.

Diese Wächterhäuser stehen zu zwei an den acht Eingängen des Gehölzes: Maillot, des Sablons, Neuilly, Madrid, Saint-Cloud, Hippodrom, Boulogne und des Princes; an den Thoren von Passy, Dauphine, Bagatelle und der Seine steht nur ein solches Gebäude. Im erstern Falle wiederholen sich zwei und zwei mit der genauesten Symmetrie. Sie grenzen an den die Umfassung des Gehölzes bildenden Wolfsgraben; alle sind über Kellern erbaut und haben zwei Etagen mit Ausnahme der vier einzelnen Gebäude, welche nur ein Erdgeschoss haben.

Wie aus den anliegenden Plänen (Blatt 45 und 46) zu ersehen, bietet ihre Anordnung eine grössere und geringere Mannigfaltigkeit, so dass sie sieben verschiedene Varietäten bilden; im Allgemeinen aber hat jedes der Etagenhäuser im Erdgeschoss ein Zimmer und eine Küche, hinter welcher ein Abort liegt, zu dem man von aussen gelangen kann. In der Regel führt der Haupteingang nicht direkt in das Wohnzimmer, sondern in eine Art von Vestibule, an dessen Hinterwand sich die Treppe befindet, welche zum obern Geschoss führt, das zwei Schlafzimmer enthält, die ein gemeinschaftliches Vorzimmer haben. Indessen ist diese Eintheilung nicht bei allen Gebäuden gleich, denn bei den Häusern von Boulogne und des Hippodrom hat jede Etage eine Piece mehr, während die ebenerdigen Häuser nur ein einziges Schlafzimmer haben.

Die kleinen durchbrochenen Erker in den unteren Stockwerken dieser Häuser, mit Ausnahme derjenigen von Passy, Dauphin und Madrid, welche so viel zur malerischen Wirkung beitragen, sind eine direkte Entlehnung der bürgerlichen Bauten des Mittelalters in England, wo diese Anordnung in manchen Provinzen noch in Gebrauch ist und wo man diese Bautheile „bay-window“ nennt.

Die äussere Architektur dieser Gebäude hat ebenfalls wie die Grundrisse ihre Mannigfaltigkeiten sowohl in den Haupt- wie in den Seitenfaçaden, so dass in mehr oder minder hohem Grade keine der andern gleich ist. Stein, Ziegel und Holz sind die zum Bau dieser Gebäude und zur Dekoration ihrer Façaden verwendeten Materialien. Alle Unterbauten bestehen aus dem harten lothringischen Stein; die Steine an den Ecken der Gebäude, die Fenstereinfassungen, die Dachfenster, die Schornsteinaufsätze und verschiedene andere Theile sind von Vergelé*); die Stufen, Säulen und Fensterstöcke sind von feinem Stein. Die von Bruchstein erbauten Mauern sind ausserhalb mit Ziegeln von zweierlei Farben in horizontalen Schichten verkleidet, und es haben diese Schichten, aus denen diese reiche Dekoration besteht, abwechselnd bald einen rothen und gelben, und bald einen rothen und schwarzen Ton. Die Polychromie des Ziegelwerks war im 15., 16. und 17. Jahrhundert sehr ausgebreitet, und sie war es in England wie auch in allen Ländern, wo der Backstein gewöhnlich in Anwendung kommt. Bei dem Thor von Boulogne (Blatt 46) sind die in den Zeichnungen licht angegebenen Schichten gelb, die dunkel schraffirten roth, bei den Thoren von Neuilly, Madrid, Bagatelle, de la Seine wechseln rothe Schichten mit schwarzen ab. Zu bemerken ist, dass bei den mit Roth und Gelb dekorirten Häusern der Verband in Läufern und Kreuzbindern angeordnet ist, während er bei denen mit rothen und schwarzen Schichten, die erstern alle Läufer und die zweiten alle Binder sind. Diese Bemerkung ist nicht ohne Nutzen, weil diese Verbandweise der Ziegelschichten, die durch einen sehr weissen Zement miteinander verbunden sind, zur Erhöhung des allgemeinen Effekts beiträgt. Auch ist noch zu bemerken, dass die Gebäude mit rothen und gelben Schichten die einzigen sind, deren Ecken steinerne Einfassungen haben, während die mit rothen und schwarzen Schichten nicht damit eingefasst sind.

Die Bedeckung aller dieser Cottages besteht aus Schiefer, theils von violletem Schwarz, theils von grangrüner Farbe, und nach den in den Zeichnungen angegebenen Formen.

Bei zwei Typen von Gebäuden, an den Thoren Dauphin und Neuilly, liegt vor dem Haupteingange

*) Ein ausgezeichnet harter Stein von St. Leu.

ein Portal, das aus zwei mit gothischen Kapitälen gekrönten Säulen besteht, welche durch einen gekröpften Sturz vereinigt sind, worüber eine Corniche mit einer zart gearbeiteten Zackenbekrönung gelegt ist.

Die Fenster sind je nach der Grösse des Lokales, welches sie beleuchten, grösser oder kleiner. Die Hauptpiecen, als Wohn- und Schlafzimmer, haben steinerne Fensterstöcke, so dass die Fenster vier Flügel haben, von denen die beiden untern aufgehen, die beiden oberen aber fest sind. Küchen, Treppen u. s. w. werden von Fenstern beleuchtet, welche man einfache nennt, da sie sowohl hinsichtlich der Form und Dimensionen genau die Hälfte der Hauptfenster bilden. Im Erdgeschoss haben die Kreuzstock- und die einfachen Fenster gleiche Höhe, sind mit denselben Gewändern eingefasst als die Thüren und ruhen auf einer abgeschrägten Sohlbank. Der Sturz einer jeden Fensterabtheilung bildet wie bei den Thüren einen Eselsrücken (accolade). Fenster und Thüren sind mit einem Traufgesims bekrönt. Im obern Geschoss sind die vierflügelichen Fenster in den Giebelfeldern von denen im Erdgeschoss durch den Mangel des Traufgesimses und durch die Weglassung des Eselrückens verschieden. Ueber diesen Fenstern wie auch in den Giebelfeldern der Luken sind die Wappen der Stadt Paris angebracht.

Der Ursprung jener bereits erwähnten vorspringenden bay-windows, Erker, scheint nicht älter zu sein als die Epoche, in welcher bei den Engländern der sogenannte Perpendikularstyl herrschte, welcher dem gothischen Flamboyantstyl der kontinentalen Regionen, d. h. dem 15. und dem Anfang vom 16. Jahrhundert korrespondirt. Bald waren sie nach einem rechtwinkligen, bald nach einem polygonalen oder halbkreisrunden Grundriss aufgeführt. Indessen zeigte sich diese letztere Form, welche niemals so ausgebreitet war als die andern, erst in jener Zeit, als die gothische Baukunst ihrem Verfalle entgegenging. Man bemerkt in England bay-windows, welche mehrere Etagen übereinander haben, die mit der belle Etage der Häuser in gleichem Niveau liegen und schlanken durchbrochenen Thürmen gleichen. Wenn sie den obern Etagen angehörten, so hatten sie von unten keine andere Unterstützung als eine konsolenartige Auskragung, und wurden in diesem Falle mit dem besondern Namen „Oriole“ bezeichnet. Die an den Baulichkeiten des Gehölzes von Boulogne angebrachten Erkerfenster befinden sich alle an der Vorderseite der Façaden und haben eine rechtwinklige Form mit Ausnahme derjenigen an den Thoren von Bagatelle und der Seine, wo sie halbrund sind. Sie bestehen wie aus den Zeichnungen ersichtlich aus dünnen steinernen Pfeilern verbunden durch Stürze und Fensterstöcke, die eben so profilirt sind wie bei den Fenstern; ihre steinerne Decke bildet für den obern Stock einen Balkon oder eine Terrasse mit einer Balustrade von zierlich durchbrochenem Stein.

Die Mauern der Wächterhäuser schliessen nach oben auf verschiedene Weise ab. An den Thoren von Maillot und Neuilly sind die Mauern der langen Façaden mit einer gothisch profilirten Corniche, die der Giebel mit einem steigenden Gesims aus Stein bekrönt. An den Häusern der Thore von Passy, Dauphin, Bagatelle und der Seine bekrönt eine Balustrade oder ein Kamm von ausgezacktem Stein das Hauptgesims und maskirt den Saum des Daches; bei den übrigen Gebäuden hören die Mauern sowohl der langen Façaden als der Giebel unter dem Dachgespärre auf, das nach aussen vorspringt und mit ausgeschnittenem Holzwerk verziert ist; besonders bemerkenswerth wegen des damit verbundenen malerischen Effektes ist die hölzerne Dekoration der Cottages des Thores von Madrid; ebenfalls eine Entlehnung von den mittelalterlichen Bauten. Die Giebel der alten hölzernen Häuser, hauptsächlich im Norden und Westen von Frankreich, besassen Auskragungen dieser Art, besonders aber in England waren sie reich ausgestattet und am meisten gebräuchlich, denn man brachte in diesem Lande auch an der langen Seite der Gebäude Giebel an, wie es auch geschah an den Häusern der Thore des Princes, von Saint-Cloud und des Sablons, welche in der Mitte ihrer Hauptfaçade einen ähnlichen Vorsprung haben wie man ihn an den Gebäuden des Thores von Madrid bemerkt.

Ein anderes nicht am Eingange des Gehölzes gelegenes Gebäude ist ebenfalls zu Wohnungen für Wächter bestimmt, nämlich das Schweizergebäude, das Haus Pelletiers genannt, das sich nächst der Brücke von Suresne erhebt. Dieses Gebäude ist vor längerer Zeit erbaut worden, war aber der Gegenstand einer durchgreifenden Restauration, um daraus ein Ornament für diesen Theil der grossen Pariser Pro-

menade herzustellen. (Blatt 51). Die Seitentreppen und die beiden Etagen von Galerien mit ihrem Unterbau aus Ziegeln mit zwei Farben, die man an der Hauptfaçade wahrnimmt, sind ein neuer Zubau, eben so die Dachluken und die durchbrochene Holzarbeit der Dachschrägen.

Die grosse Kaskade ist einer von jenen Punkten, welche vorzugsweise von den Spaziergängern besucht werden. Beinahe an den äussersten Säumen des Gehölzes von Boulogne und weit von jenen Etablissements gelegen, wo das Publikum Gegenstände der Konsumtion oder Erfrischungen finden kann, hat man nächst der grossen Kaskade ein Buffet errichtet, dessen Nutzen an diesem Platze sich täglich mehr herausstellt (Blatt 51). Das Gebäude erhebt sich über Kellern und besteht in seinem vordern Theile aus einem grossen und hohen Saale, dem sich zwei Säle von geringern Dimensionen anschliessen; dieseletzteren, als Schenke dienend, bilden mit den darüber gelegenen Wohnungen eine Art von Hintergebäude, dessen Dach indessen mit dem des grossen Saales eine gleiche Höhe hat. Zwischen beiden liegen die Aborte und die Treppen für das Souterrain und den oberen Stock. Von dem Buffet und der Kaskade gegenüber befindet sich eine Terrasse von halbrunder Form, deren asphaltirter Fussboden im Niveau des Erdgeschosses und 0m40 über dem äusseren Boden liegt; an drei verschiedenen Stellen angebrachte Stufen führen von aussen dahin. Der Saal des Buffets hat eine Breite von 7m0 bis 15m0 Länge und 5m30 lichter Höhe. Das Schenklokal hat 5m0 und 8m0 bei nur 2m80 Höhe; die Etage darüber ist 2m30 hoch. Das ganze Erdgeschoss ist mit eichenen Parquetten auf englische Art belegt. Der Unterbau hat eine Küche unter dem Schenklokal mit einem nach aussen gehenden Backofen und einem unter dem Buffet liegenden Keller. Steigt man die in den oberen Stock führende Treppe hinauf, so tritt man zuvörderst auf einen Gang, von dem man zu einem aus Vorzimmer, einem grössern Vorzimmer und zwei Kabinetten bestehende Wohnung, dann zu zwei kleinen Zimmern am Ende des Ganges, und endlich zu einem Abort gelangt. Diese erste Etage ist parquettirt und durch 0m60 breite Fenster beleuchtet.

Für den Bau dieses kleinen Gebäudes wurden verschiedene Materialien verwendet. So bestehen die Mauern aus gewöhnlichem Bruchstein, geputzt mit Mörtel aus Kalk und Sand im Souterrain und mit Gips an den übrigen Mauern; der Unterbau des Erdgeschosses ist von Mühlstein, der Saal des Buffets von ausgemauertem und verfugtem Fachwerk, und das hintere Gebäude von Ziegeln auf Burgunder Art, die inwendig verputzt, ausserhalb verfugt sind. Alles Holz des Fachwerkes, der obern Decke und des Dachstuhls ist von Tannenholz, nur die Schwelle des Fachwerks ist aus Eichenholz. Das Fachwerk besteht, wie aus der Zeichnung zu ersehen, aus Stielen, Verstrebungen, Holmen von sauber bearbeitetem Holze mit abgeschrägten Kanten und einem durchschnittlichen Querschnitt von 0m15 und 0m15. Der mittlere Theil bildet eine Glaswand mit Fenstern und Thüren von je 1m45 Breite. Die Dächer sind mit Schiefer gedeckt, das des hinteren Gebäudes mit gewöhnlichem Schiefer, das der Buffets aber, dessen First durch eine hölzerne Zackenbekrönung geziert ist, mit zweifärbigen Schieferplatten, wie bei den Wächterhäusern.

Das Gebäude, welches seit langer Zeit unter dem Namen Pavillon d'Armenonville bekannt ist, war der Gegenstand bedeutender Verschönerungen. Das Hauptgebäude wurde neu erbaut und vergrössert; das neue Gebäude steht zum grössten Theil auf den Fundamenten des alten und ist dem Steinbruch so wie den Wasserkünsten zugewendet, die daselbst angelegt sind. Es besteht aus einem Erdgeschoss, einem Entresol, einer Bel-Etage und einem Dachgeschoss (Blatt 48). Das Erdgeschoss hat ein Vestibule mit einer hölzernen Vorhalle, die zu einer schönen Treppe für die oberen Lokalitäten führt; links ist ein Kaffeehaus, rechts das Comptoir, ein grosses Kabinet und zwei Räume für Wäsche und Gläser, die mit der auf derselben Seite liegenden Küche durch einen Gang in Verbindung stehen. Das Entresol ist in verschiedene Kabinets eingetheilt; die Bel-Etage enthält einen grossen Saal mit zwei Kaminen, der die ganze Breite des Gebäudes einnimmt, und zwei andere kleine Säle, welche so eingerichtet sind, dass sie nebst dem grossen Saale für eine zahlreiche Gesellschaft benützt werden können.

An den Ufern des grossen Sees sind vier Landungsplätze für die Wasserpromenaden oder Ueberfahrten. Der eine liegt an dem nördlichen Ende dieser Wasserpartie, ein anderer dem grossen Schwei-

zerhause der Insel gegenüber, der dritte auf der Insel selbst und vor dem Schweizerhause, der vierte an dem westlichen Ufer und nicht weit von der Kaskade, ein fünfter endlich befindet sich an dem Ende des obern Sees nächst dem „Steinbruche zu den zwei „Seen." Diese Landungsplätze bestehen aus einer Plateforme von 6m30 und 2m50 vorspringend, auf Pfählen ruhend und an den Seiten mit einer durchbrochenen Balustrade umgeben, die sich an der Landseite fortsetzt, wo sie eine Oeffnung von 1m30 hat (Blatt 52). Wie aus den Zeichnungen zu ersehen bestehen die vor den Landungsplätzen errichteten Bänke auf jeder Seite des kleinen Bureaus für den Einnehmer aus zwei aneinandergelehnten Sitzen von je 2m20 Länge bei 1m16 Breite. Das Ganze hat eine Höhe von 3m30 über dem Vordertheil des Landungsplatzes. Der Raum zwischen dem letzteren ist asphaltirt mit rothen Streifen, einer Umfassung von Borduren und durchschnitten von steinernen Streifen.

An dem nördlichen Ende der Insel erhebt sich ein kleiner Bau, dem es nicht an Aehnlichkeit mit den bisher besprochenen mangelt, der aber viel schöner ist und seiner Lage einen unaussprechlichen Reiz verdankt; es ist die auf Blatt 48 dargestellte hölzerne Exedra. Anstatt konkav zu sein, wie im Alterthum, ist dieselbe konvex, welche Anordnung auch besser der Bestimmung als Ruheplatz entspricht. Der Grundriss bildet einen halben Ring von 2m0 äusserer und 1m80 lichter Weite, konstruirt in Halbkreisform nach einem Durchmesser von 4m0. Ueber jedem der beiden koncentrischen Kreise dieses Ringes erheben sich acht Ständer, welche den oberen Theil des Baues tragen und 7 Abtheilungen einschliessen, wovon jede im Durchschnitt 1m35 breit ist. Diese Stiele stehen auf einem Unterbau aus Lothringer Stein, ausserhalb 0m90 hoch bei einer Stärke von 0m16, welche nur dort keine Unterbrechung erleidet, wo sich die Thür befindet, vor welcher drei Stufen liegen. Eine Balustrade von ausgeschnitztem Holze erstreckt sich über den ganzen Unterbau und verbindet die Ständer in Brüstungshöhe miteinander; an die des innern Halbkreises legt sich die fortlaufende Bank, die von 6 hölzernen Konsolen getragen wird. Ueber den Stielen lauft ein ebenfalls durchbrochener Fries herum, welcher mit dem obern und untern Riegel eine Höhe von 0m62 hat; der letztere ruht auf kleinen Konsolen, die an den Ständern befestigt sind. Ueber dem Fries liegt ein Plafond von gut gefalzten Brettern auf 13 Balken von 0m12 Höhe. Das Ganze bedeckt ein ringförmiges mit Schiefern gedecktes Satteldach mit 0m50 Vorsprung und zwei Giebeln an beiden Enden, und mit Giebelspitzen, durchbrochenen Verzierungen und durchbrochener Firstbekrönung. An der Rückwand, den geraden Giebelseiten, so wie an dem innern Halbkreis ist der ganze Raum der Stiele von der Balustrade bis zum Friese mit einem Gitter ausgefüllt, das die kreisrunde Form der Exedra hat und aus 0m022 breiten, 0m005 dicken, sehr schmalen, sehr genau bearbeiteten Latten in Rautenform besteht. Schöne Schlingpflanzen bedecken dieses Gitterwerk und winden sich um die Ständer der vorderen Façade. Die obern und untern Riegel der Balustrade sind profilirt; die Ständer, Riegel des Frieses, die Balken, Sparren etc. haben an allen sichtbaren Theilen abgeschrägte Kanten, und der Boden der Exedra ist mit Asphalt in verschiedenen Feldern belegt. So ist dieser reizende Bau beschaffen, den man nur schwer beschreiben und darstellen kann, und welcher für diejenigen, welche die Ruhe und die Einsamkeit lieben, ein angenehmer Zufluchtsort ist, der nicht durch das fortwährende Geräusch der Spaziergänger unterbrochen wird.

Auf derselben Insel bemerken wir zwei andere Baulichkeiten, nämlich den kaiserlichen Kiosk am südlichen Ende, und ein grosses Schweizerhaus. Der kaiserliche Kiosk (Blatt 49), für den besondern Gebrauch des Kaisers und der Kaiserin bestimmt, beherrscht eine malerische Gegend und erhebt sich inmitten von Felsen über einem Unterbau von runder Form, dessen Mauer, 0m23 stark, ganz von Ziegeln in Bindern erbaut ist; der ganze übrige Theil des Gebäudes ist von Holz. Der untere Theil der Mauer besteht aus lothringer Stein und bildet einen bedeutenden Vorsprung behufs einer Bank in robustem Charakter. Zu dem Innern dieses Unterbaues führt eine Thür; drei kleine Oeffnungen beleuchten dasselbe. Die obere Etage, zu der man über eine hölzerne Stiege steigt, ist achteckig und umgeben mit einer ebenfalls achteckigen Galerie von 1m50 Breite, welche 2m0 über der Mauerfläche vorspringt, jedoch von hölzernen Konsolen unterstützt wird. Eine durchbrochene Balustrade mit Pilaren an den Ecken

begrenzt die Galerie. Die innern und äussern Seiten der Hauptetage des Kiosk sind genau zwischen den beiden konzentrischen Kreisen, welche die innern und äussern Flächen der Ziegelmauer des Unterbaues darstellen, verzeichnet. Doppelte feste Eckpfosten sind an den acht Ecken aufgestellt, und an jeder Seite des Polygons befindet sich eine grosse Oeffnung mit stumpfwinkligen Bogen, die durch einen Pfosten und Riegel in vier Flügel getheilt sind. Von diesen Oeffnungen sind zwei Thüren und die übrigen Fenster; sie sind mit gefärbtem Glase in Blei versetzt. Vor diesen sechs Fenstern läuft eine sich an den Kiosk anlehnende Bank hin. Das Dach besteht aus zwei sehr verschiedenen Theilen, wovon der erste eine Art von achteckiger Haube mit einem der Plateforme beinahe gleichen Vorsprung bildet und von hölzernen verzierten Knaggen und darüber gelegten geraden Balken getragen wird; der zweite Theil des Daches hat eine sphärische Form, worüber sich eine hohe Wetterfahne mit den Wappen der Stadt Paris erhebt; sie ist mit Schiefer muschelförmig gedeckt, dessen zwei Töne schiefe Streifen einer Torsade bilden. Eine ähnliche Dekoration erhielt der Unterbau durch die Kombination der schwarzen und weissen Ziegel, woraus er erbaut ist. Die nicht durchbrochenen Theile des Kiosk sind mit Füllungen versehen, und alles Holzwerk ist abgefast, profilirt oder in verschiedener Art geschnitten. Das Innere des Gebäudes zeigt eine schöne Tischlerarbeit, und der Fussboden wie der Plafond sind mit einer Marquetterie bekleidet, die aus Eichen-, Nussbaum- und Amarantenholz zusammengesetzt ist und im Mittelpunkt die verschlungenen Anfangsbuchstaben des Kaisers und der Kaiserin trägt.

Das Schweizerhaus der Insel (Blatt 50) ist das authentischste Gebäude dieser Art, das man in Paris besitzt, denn es wurde anfänglich in den Umgebungen von Bern erbaut, dann gänzlich auseinandergenommen, nach Frankreich transportirt und auf der Insel des Gehölzes von Boulogne so aufgestellt wie in der Schweiz. Man erkennt den vaterländischen Styl sogleich an jenem breiten gebrochenen und vorspringenden durch Steinblöcke befestigten Dache, an jenen Galerien und äusseren Treppen, den vielen Fensterrahmen, an jenen originalen und ganz ausländischer Dekoration. Nichts fehlt ihm von einem schweizerischen Gebäude, selbst nicht die Inschrift, welche seine Versetzung verkündigt. „Gebuen an der Aare Strand, bring Euch ein Gruss vom Alpenland.“ Dieser von Seiler ausgeführte Bau besteht ganz aus Holz, und es ist nicht ein einziges Verbandstück, kein Stiel oder Brett daran, das nicht durchbrochen, geschnitzt oder skulptirt wäre; der äussere Reichthum wird aber bei weitem übertroffen von dem Glanz des Innern, das sowohl am Fussboden als an den senkrechten oder oberen Wänden mit herrlichen Marquetterien aus mehreren Holzarten ausgestattet ist, worunter man hauptsächlich die Eiche, den Nussbaum, den Amaranthen und Ahorn bemerkt.

Vier andere Schweizerhäuser sind ebenfalls von Seiler ausgeführt worden; drei davon liegen nicht weit von dem östlichen Ufer der Seen, und das vierte an der Mare d'Auteuil. Da alle vier einander gleich sind, so haben wir für unsere Darstellung nur das letztere gewählt (Blatt 47). Diese Schweizerhäuser sind, wie alle Bauten dieser Art, ausschliesslich von Ständern und vollen oder durchbrochenen Brettern hergestellt. Sie sind wie das auf der Insel für Kaffee's und Restaurationen im Sommer bestimmt, und entsprechen diesen Zwecke sehr gut, wobei sie noch, mitten in grünen Partien gelegen, den malerischen Effekt der Gegend erhöhen.

Wir schliessen unsere Darstellung der Baulichkeiten des Gehölzes von Boulogne mit einigen Worten über die des Pré Catelan, nämlich das Buffet, die Brauerei, und das Photographiegebäude.

An den beiden Eingängen dieses Belustigungsortes befinden sich zwei kleine Bureaux für die Controleurs (Blatt 50, 51 und 52), zwei sehr einfache Gebäude wie ihre Bestimmung, welche aber doch für mancherlei Zwecke zu verwenden sind. Das Buffet besteht aus einem grossen rechtwinkligen, 0^m^80 über dem Boden liegenden Saal mit zwei vordern abgestumpften Ecken, wovon jede eine Vorhalle hat, zu der man über einen Perron gelangt. Rückwärts ist ein aus Ziegeln erbautes Gebäude von zwei Etagen angefügt, das eine Wohnung, ein Gesindezimmer und die Treppe enthält, die in den Unterbau führt, der sich unter der hintern Hälfte des Buffets erstreckt. In diesem Unterbau befindet sich die Küche und das Laboratorium, ein Keller und ein Raum für einen Heizapparat. Das Gebäude ist von sichtbarem Fachwerk von 0^m^12 Dicke erbaut; es hat eine reichliche


Westbahn
Friedhof
Station Puteaux
PUTEAUX
INSEL
PUTEAUX
Remonte Depot
MADRID
ST. JAMES
NEUILLY
Seine

Beleuchtung und ist mit verschiedenen Schnitzereien dekorirt.

Die Brauerei (Blatt 51) hat einen rechtwinkligen, ebenfalls 0m80 über dem Boden gelegenen Saal, zu dem man auf drei Seiten gelangt; die vierte Seite hat zwei Thüren für ein Lokal, das als Offizin benutzt wird, und wo sich auch die Treppe für das Souterrain befindet. An der Hauptfaçade hat der Saal eine Vorhalle, und an seiner rechten Seite eine Veranda. Der Unterbau, Laboratorium und Keller enthaltend, ist gänzlich bituminirt und nimmt nur den Raum des Saales, der Vorhalle und der Veranda ein. Die Mauern sind aus Mauerwerk von Kieseln, die man an Ort und Stelle fand, und die äusseren Flächen des Laboratoriums, welche allein sichtbar sind, bestehen aus gespitztem Bruchstein. Der Unterbau aus Ziegeln nach Burgunder Art trägt ein Fachwerk mit abgefasten Hölzern, aus Stielen, Riegeln und Andreaskreuzen bestehend, und zum Theil ausgemauert, an den drei Haupttheilen des Saales aber mit farbigen Gläsern verglast. Der obere Theil der Vorhalle und der Veranda wird von abgedrehten Säulen gestützt und ist bis zu dem Satteldache mit durchbrochenen Brettern verkleidet. Der mit hölzernen durchbrochenen Balustraden eingefasste Fussboden ist mit gefärbtem Asphalt bedeckt. Das Dach hat eine hölzerne Firstbekrönung und ist mit zweifärbigen Schiefern eingedeckt; die Giebelkanten sind ebenfalls mit ausgeschnittenen Brettern verziert; die Schornsteinaufsätze von gebrannter Erde sind denen der Wächterhäuser ähnlich. Der bogenförmige Theil mit abgedrehtem Zugband und eben solcher Hängesäule über der Vorhalle macht einen sehr hübschen Effekt; Blatt 50 gibt Details von den hauptsächlichsten Theilen der Dekoration des Buffets und der Brauerei.

Das Photographiegebäude (Blatt 47) besteht gewissermassen aus zwei ineinander geschobenen Gebäuden. Das sowohl in Beziehung auf das Innere als das Aeussere weniger wichtige enthält eine Vorhalle, eine Treppe und untergeordnete Lokale. Das Hauptgebäude mit einer obern übergekragten Etage enthält in jeden Stock einen grossen Saal. Das Erdgeschoss ist von landesüblichen Ziegeln erbaut und zum Theil mit Gips geputzt, zum Theil als Rohbau verfugt; der obere Stock besteht aus Fachwerk mit verputzten Fächern; First und Giebelkanten sind wie bei den übrigen Gebäuden mit ausgeschnittenem Holzwerk verziert.

Die Oberrealschule der böhmischen Kreisstadt Pilsen.

Entworfen, ausgeführt und mitgetheilt von dem Architekten **Moritz Heinträger.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt 53—55.)

Die Pilsner Oberrealschule entwickelte sich aus der daselbst vom Jahre 1844 an bestandenen Unterrealschule und diese wieder aus der zweiklassigen „vierten Klasse" der Hauptschule, welche im Jahre 1813 in's Leben gerufen wurde.

Im Jahre 1848 erhielt die längst ersehnte Reorganisation des österreichischen Schulwesens auf einmal dadurch, dass sich die Gemeinden, denen nun ein grösseres Mass der Selbstverwaltung zu Theil wurde, der Schulen ernstlich annahmen und mit Energie das Wohl und Gedeihen derselben zu fördern suchten. Vor Allem wurden die Realschulen ein Gegenstand ihrer Pflege.

Die Stadtvertretung Pilsens legte schon am 9. November 1848 dem k. k. Ministerium die Bitte um die Errichtung eines Gymnasiums und einer Realschule vor. Allein durch einen abschlägigen Bescheid gerieth die Sache in's Stocken und erst im J. 1862 kam diese Angelegenheit wieder in Berathung.

Am 13. Februar 1863 wurde vom Stadtverordneten-Kollegium einstimmig der Beschluss gefasst:

1. für die Oberrealschule ein grosses Gebäude an die Stelle des alten Zeughauses und des Gemeindehofes im nordwestlichen Theile der Stadt, einem geräumigen stillen Platz, der allen Theilen der Stadt nahe liegt, zu errichten, und

2. zur Bestreitung der Auslagen, welche dieser Bau erfordert und wozu das Gemeindevermögen

nicht ausreicht, so wie es in andern Städten Böhmens üblich war, die Erhebung eines Bierkreuzers aus dem gesammten in Pilsen gebranten Biere auf 10 Jahre einzuführen. Die Menge des in Pilsen gebrauten Bieres wurde mit 40,000 Eimern jährlich geschätzt, was pro Mass zu 1 Kreuzer jährlich 16,000 fl. ausmacht.

Nachdem dieser Beschluss auch hohen Orts genehmigt war, wurde am 15. Mai 1863 der Konkurs zur Einsendung von Bauplänen auf Grund eines allgemein gehaltenen Programms für den 10. August desselben Jahres ausgeschrieben. Es liefen 10 Projekte ein, worunter das hier mitgetheilte einstimmig als das beste anerkannt und prämiirt wurde. Vom Stadtrathe wurde sodann auch die Bauausführung nach diesen Plänen beschlossen.

Situation. — Die Lage des Gebäudes wurde so bestimmt, dass dessen Hauptfront südlich zu liegen kommt und das Risalit die Gassenlinie einnimmt.

Das ganze Gebäude bildet ein regelmässiges Viereck mit zwei grossen Lichthöfen und misst nach der Länge 27° 0' 0", nach der Breite 17° 5' 0" oder mit Hinzurechnung der beiden Risalite 20° 1' 0".

An das Gebäude schliesst sich nördlich der Sommer-Turnplatz und der botanische Garten nebst den Gewächshäusern an.

Die in der neueröffneten östlichen Gasse befindlichen Baugründe wurden von der Kommune an Private verkauft, und es bilden sonach die darauf errichteten neuen Häuser eine wohlthätige Schutzwehr gegen das nahe liegende Krankenhaus.

Der Keller enthält Räume zur Aufbewahrung von Holz- und Steinkohlen, ein Depot für Chemikalien mit einer zu dem Laboratorium führenden Stiege, eine Waschküche und einen Mangelraum. Zu diesen Kellerräumen führt ausser der nordwestlich gelegenen Nebentreppe auch noch eine unter der Haupttreppe angebrachte Kellerstiege, damit die Heizer auf dem kürzesten Wege das Brennmaterial in die oberen Geschosse schaffen können.

Im Erdgeschosse führt eine geräumige Vorhalle zu der daran stossenden dreiarmigen Haupttreppe. Rechts vom Vestibule liegt die Hausmeisterwohnung, von welcher durch ein angebrachtes Fenster die Aussicht auf die Haupteingänge gewährt wird, ferner die Lokalitäten für die Vorträge über Physik, bestehend aus dem Lehrsaale, dem Zimmer für physikalische Apparate, dem Kabinete für den Lehrer, dann dem Lehrzimmer für die III. Klasse und endlich der Wohnung des Laboranten; links von demselben ist der Lehrsaal für die Chemie, ein Zimmer für chemische Apparate, ein Kabinet für chemische Präparate, das Laboratorium für den Lehrer, zwei Laboratorien für Schüler und der Destillirraum. Die Bänke in diesen Lehrsälen sind amphitheatralisch angeordnet.

Von dem Haupttreppenraum aus in gerader Richtung liegt der Turnsaal mit 42 Quad.-Kl. und das Ankleidozimmer für die Turner.

Die nördlich gelegene Nebentreppe hat an der nordwestlichen Seite des Gebäudes einen eigenen Eingang und dient für die Direktorswohnung.

Im ersten Stocke befinden sich nebst Lehr- und Zeichnensälen das Naturalienkabinet, das kleine Laboratorium, die Bibliothek, das Konferenzzimmer und die Direktionskanzlei und in direkter Verbindung mit dieser die Wohnung des Direktors.

Der zweite Stock enthält ausser Zeichnensälen und Klassenzimmern den Prüfungssaal, das Modellirzimmer und Hörsäle für Mechanik und Baukunst.

Zwischen dem ersten und zweiten Stock, nämlich vom Ruheplatz der Haupttreppe aus, tritt man in den Exhortensaal (die Kapelle), in welchem, nebstbei bemerkt, auch ein mittels einer kleinen Treppe zugänglicher Chor angebracht ist.

Der Ablauf des Wassers vom Dache findet zum Theile durch Stehrohre nach auswärts, zum Theil durch die Retiradschläuche hofeinwärts statt und spült zugleich die Unrathskanäle aus.

Aus dem Durchschnitte (Blatt 55) sind die Höhen der Stockwerke ersichtlich. Zu erwähnen ist nur noch, dass der Turnsaal, über welchen sich der Exhortensaal befindet, bis in den halben ersten Stock hinaufragt. Der ebenerdige Fussboden ist zum grossen Theile 3' über dem Strassenpflaster erhoben. Für Licht und Luft ist überall durch breite und hohe Fenster im reichlichsten Masse gesorgt.

Die Keller und ebenerdigen Räume, sowie die Gänge des 1. Stockes sind überwölbt, in den übrigen Räumen sind die Deckenkonstruktionen aus Holz.

Ueber dem Turn- und Exhortensaale, sowie dem Stiegenhaus sind diese Holzdeckenkonstruktionen sichtbar gelassen.

Sämmtliche Stiegenstufen sind aus Granit; dieselben haben bei der Haupttreppe die lichte Länge von 1° 4′ 0″ und 1° 3′ 6″, bei der Nebentreppe 4′ 0″ und sind auf den untern Flächen mit Portland-Zement glatt geputzt.

Die Stufen der beiden Seitenarme der Haupttreppe ruhen mit einem Ende in der Mauer, mit dem andern auf gewalzten 9″ hohen Eisenträgern, der Mittelarm zu beiden Seiten ebenfalls auf Eisenträgern.

Sämmtliche Gesimse sind mit Zinkbleche, das Gebäude selbst mit englischem Schiefer auf Latten eingedeckt.

Die Aborte sind zum Zwecke der Ventilation am Fussboden und an der Decke mit Oeffnungen versehen, welch letztere zu den Luftabzügen führen, die, wie jene der gusseisernen Retiradschläuche, bis über das Dach hinaufreichen.

Fundament und Keller sind aus Bruchsteinmauerwerk, die übrigen Geschosse sowie die Gewölbe aus Ziegeln.

Die an den Façaden des Gebäudes angebrachten Ornamente sind aus Zementguss hergestellt.

Ein grosser Theil des Baumateriales wurde durch die Demolirung des dort bestandenen alten Zeughauses gewonnen. Fast alles Uebrige wurde von der Kommune selbst beigestellt.

Die Kosten des in allen seinen Theilen auf das Solideste ausgeführten Baues vertheilen sich folgendermassen:

Für die Demolirung des alten Zeughauses	1,012	fl.
„ „ Maurerarbeit	29,000	„
„ „ Steinmetzarbeit	14,170	„
„ „ Zimmermannsarbeit	3,888	„
„ „ Schieferdeckerarbeit	4,516	„
„ „ Spenglerarbeit	3,625	„
„ „ Tischlerarbeit	9,698	„
„ „ Schlosserarbeit	3,966	„
„ „ Guss- und Walzeisenwaaren	7,770	„
„ „ Anstreicherarbeit	2,788	„
„ „ Hafnerarbeit	230	„
„ „ Malerarbeit	1,154	„
„ „ Glaserarbeit	2,652	„
„ „ Brunnenarbeit	255	„
„ „ Gaseinrichtung	3,202	„
„ „ Schmiedearbeit	1,210	„
„ „ Baumaterialien	46,188	„
„ „ Blitzableiter	836	„
und belaufen sich daher im Ganzen auf	136,160	fl.

Im Monate Februar 1864 wurde der Bau begonnen, am 31. März der Grundstein zunächst dem nördlichen Ausgange des Turnsaales gelegt und am 4. Oktober 1865, also nach 18 Monaten, durch eine feierliche Eröffnung seiner Bestimmung übergeben.

Bei Anlass der feierlichen Einweihung des Gebäudes wurde von Seite des Lehrkörpers ein 2′ im Durchmesser haltendes in Bronceguss ausgeführtes Porträtmedaillon des um die Errichtung und den Bau der Oberrealschule verdienstvollen Bürgermeisters Herrn Med. Dr. Masshanser auf dem ersten Ruheplatz der Haupttreppe angebracht.

Das Reservoir des Settons zur Verbesserung der Schifffahrt auf der Yonne in Frankreich.

Von **Joseph Prévost**, Strassen- und Wasserbau-Ingenieur zu Auxerre.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 56 und 57 und auf Seite 385.)

Die Yonne als schiffbarer Fluss. — Die Yonne entspringt in den Gebirgen von Morvan, einige Lieues von Chateau-Chinon, bewässert die Departements der Nièvre, der Yonne und der Seine und Marne und ergiesst sich bei Montereau in die Seine.

Seit undenklichen Zeiten werden die Produkte der von ihm durchschnittenen Gegenden auf diesem Flusse nach Paris geschafft; ohne ihn würden die weitläufigen Wälder, welche den Reichthum des Morvan bilden, beinahe ohne Werth sein, und man könnte

von den 40,000 bis 50,000 Decasteres Holz, die alljährlich auf ihm geflösst werden, schwerlich einen Gebrauch machen. Die Corealien von Sennonais, die Weine des Auxerrois, die Zemente von Vassy und des ganzen Avallonais, die Baumaterialien, die man im Departement der Nièvre in so reichlichem Masse vorfindet, haben ihren Absatz auf diesem Flusse. Obgleich er kein absolutes Monopol ausübt und man Rücksicht auf die Konkurrenz nehmen muss, die ihm die Eisenbahn von Paris nach Lyon macht, besonders an der niedern Yonne, wo die beiden Wege parallel laufen, so ist es dennoch ausgemacht, dass er eine der hauptsächlichsten Arterien für die Versorgung von Paris bildet.

Der Lauf der Yonne umfasst, so weit es sich auf die Transportweise bezieht, drei sehr verschiedene Theile, und zwar von der Quelle bis Armes bei Clamecy für das Schwemmholz, von Armes an für Flösse; schiffbar für Fahrzeuge wird der Fluss erst unterhalb der Einmündung der Cure, einem seiner hauptsächlichsten Nebenflüsse.

Auf diesem letzten Flusse werden ebenfalls, von Monsauche, einige Lieues von seiner Quelle, bis Arcy Schwemmhölzer befördert; flossbar ist er von Arcy bis zur Ausmündung in die Yonne.

Wenn die Yonne ihrem natürlichen Zustande überlassen bleibt, so ist sie nur während einiger Wintermonate schiffbar; im Sommer aber muss man zu künstlichen Mitteln seine Zuflucht nehmen, um die Fahrzeuge zu Thal fahren zu lassen. Man hat daher in gewissen Entfernungen Wehre durch das Flussbett gelegt, um das Fahrwasser in den staffelförmigen Haltungen auf die erforderliche Höhe zu spannen. Man legt diese Wehre von oben an allmählig nieder und erzeugt auf diese Weise ein künstliches Hochwasser, das die Fahrzeuge und Flösse nach sich zieht; man nennt diese Operation eine Schleusung.

Die Wassermenge der Yonne gestattet nur eine zwei- bis dreimalige Schleusung pro Woche.

Die Schifffahrt auf der Yonne findet nur beinahe ausschliesslich stromabwärts statt. Das Zurückfahren der Fahrzeuge geschieht durch Pferdekraft.

Verbesserung des Zustandes der Yonne. — Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts fing die Staatsverwaltung an, sich mit der Verminderung der Schleusungen zu beschäftigen, doch machte sich diese Verminderung auf eine Besorgniss erregende Weise erst um 1825 oder 1830 bemerkbar. Die Anlage der Kanäle von Nivernais und Burgund, die zum Theile von diesem Flusse oder durch seine Nebenflüsse gespeist werden, die Zunahme der Anzahl industrieller Etablissements, welche das Wasser zerstreuen, und die Verluste durch Infiltration und Verdunstung vermehren, die grosse Masse der Bewässerungsrinnen, welche das Wasser auf Terrains leiten, deren verbesserte Kultur die Eindringlichkeit der Feuchtigkeit erhöht haben, endlich die Urharmachung der Wälder, welche in Folge der Vermehrung der Bevölkerung stattfinden musste; alle diese Verhältnisse sind die Ursachen, denen man die Verminderung der Wassermenge der Yonne zuschreiben muss.

Am Ende des vorigen Jahrhunderts wurden mehrere Versuche angestellt, um diesem Zustande ein Ende zu machen; man machte den Vorschlag, an den Quellen der Yonne und ihrer Zuflüsse grosse Wassermassen zu sammeln, um die Sommerschleusungen zu verstärken. Vom Jahre 1781 wurden Untersuchungen zu diesem Zweck angestellt; im Jahre 1785 schlug man die Anlage grosser Reservoirs vor, und zwar das eine an dem Bache Andryes, der unterhalb von Clamecy in die Yonne mündet, das andere nächst den Quellen der Cure. Die Generalräthe der Departements der Yonne und der Nièvre unterstützten dieses Ameliorationssystem mit ihren Wünschen. Im Jahre 1803 nahm man die Sache in ernsthaften Angriff, und es wurde selbst eine erste Geldbewilligung von 123,000 Francs ertheilt, um die Arbeiten an den Reservoirs von Settons und Andryes zu beginnen; indessen zog man diese Fonds sogleich wieder ein. Später in den Jahren 1837 und 1838 kam man auf das aufgegebene Projekt wieder zurück, und die mit dem Dienst an dem Kanal von Nivernais betrauten Ingenieure nahmen neue Untersuchungen vor, um sich zu überzeugen, ob es möglich sei, das Reservoir des Settons zur Speisung des Kanals von Nivernais zu benützen. Während man sich von der Unmöglichkeit dieses Resultats überzeugte, wenn man nicht durch die Granitgebirge des Morvan einen Tunnel von 6 Kilometer durchtreiben wollte, gelangte man zu der Ansicht, dass die Ebene von Settons einen ausnahmsweisen Platz für die Anlage eines Reservoirs abgäbe.

Im Jahre 1843 endlich schlug der Oberingenieur Chanoine ein allgemeines Vorprojekt zur Verbesserung der Schifffahrt auf der Yonne vor, dessen Kosten sich auf 10 Millionen beliefen und die Anlage von sieben Reservoirs umfasste, an deren Spitze das von Settons stand. Am 23. Mai 1843 wurdo dieses Vorprojekt genehmigt; ein Gesetz vom 31. Mai 1846 bewilligte zu dessen Ausführung eine Summe von 6,500,000 Francs, und es wurdo die „versuchsweise" Konstruktion des Reservoirs des Settons autorisirt.

Das Vorprojekt schlug die Anlage dieses Reservoirs mit einer Spannung von 18^m0 Höhe vor, doch erhoben sich im Conseil des Ponts et Chaussées Zweifel über die Möglichkeit, einen solchen Raum alljährlich ansammeln zu können. Der Minister der öffentlichen Bauten entschied daher, dass das Wehr vorläufig nur bis 15^m0 aufgeführt werden und später eine Erhöhung stattfinden sollte, wenn es für nöthig erachtet würde.

In den Jahren 1843 bis 1848 wurden über die Wassermenge der Cure an der Stelle des Wehres, über die Räumlichkeit des Reservoirs und über die Wassermenge, die es jährlich fassen könnte, neue Untersuchnngen angestellt. Man berechnete, dass eine Spannnng von 18^m0 Höhe einem Raum von 22,087,300 Kubikmetern korrespondirte und dass die Cure alljährlich 58 Millionen Kubikmeter Wasser liefert.

In Folge dieser Erhebungen, und das Gesetz vom 31. Mai 1846 ausführend, legten die Ingenieure Rozat de Mandres und Vignon am 22. Mai 1848 ein Projekt vor. *)

Nach mehreren Modifikationen erfolgte die Genehmigung am 8. März 1855 und man beschäftigte sich unmittelbar mit der Ausführung. Entrepreneur war Herr Perrichont Etienne. Im Monat Juni 1855 wurde das Werk begonnen, Ende 1857 war es im Rohen beendigt und am Tage der Einweihung (13. Mai 1858) stand in dem Reservoir bereits eine Wasserhöhe von 9^m60. Die Ablasskanäle und übrigen Nebenarbeiten wurden erst im Jahre 1861 beendigt. Die Baukosten waren folgendo:

Bau des eigentlichen Wehres .	606,507	Fr.	54 C.
„ eines Wächterhauses. . .	7,469	„	19 „
Allgemeine Verfugung des Mauerwerks	17,389	„	99 „
Anlage der Abzugskanäle, des Umfangsweges, Apparate verschiedener Art etc. . . .	183,615	„	53 „
Entschädigung für Ländereien und Beschädigungen . . .	514,630	„	61 „
Gesammtkosten	1,329,612	Fr.	86 C.

Die Arbeiten wurden von dem Ingenieur Olry de Labry begonnen und von dem Ingenieur Marini unter der Leitung der Oberingenieure Lepeuple, Guyot und Cambuzat, die sich im Dienst aufeinander folgten, vollendet.

Unter der Sammlung von Modellen, die im Jahre 1862 von dem Minister der öffentlichen Arbeiten zur Pariser Ausstellung gesandt waren, befand sich auch das Modell des Wehres des Settons, welchem die allgemeine Anerkennung gezollt wurde. —

Regime des Reservoirs. — Das Reservoir des Settons wurde lediglich zu dem Zweck erbaut, die Stärke der Schleusungen der Yonne zu vermehren. Vom Monat Oktober an bis zum Monat Mai genügt die Wassermenge dieses Flusses im Allgemeinen für drei gehörige Schleusungen in der Woche, wenn das Wasser gespannt und zur rechten Zeit abgelassen wird. In der trocknen Jahreszeit ist es aber anders, denn man kann kaum zwei magere Schleusungon in der

*) Das erste Prejekt der Herren Rozat und Vignon schrieb, wie das von Chanoine, eine Spannhöhe von 18^m0 vor; dasselbe wurde zur ersten Prüfung dem Strassen- und Wasserbaureth vorgelegt, auf dessen Gutachten der Minister am 6. Oktober 1848 entschied, dass das Wehr unter der Annahmo einer Spannhöhe von 18^m0 suvörderst nur eine Höbe von 15^m0 enthalte; ausserdem verfügte er die Anlage des Wohres in Form eines Kreisstückes und die Befestigung desselhen durch mächtige Strebepfeiler. Die Ingenieure legten am 17. Mai 1854 einen neuen Entwurf in Uebereinstimmung mit diesen Vorschriften ver. Dem Wasser- und Strassenbaurath von neuem vorgelegt, wurde er dde. 9. August 1854 der Gegenstand einer ministeriellen Entscheidung für die sofortige Ausführung des Wehres auf 18^m0 Höhe und Annahme des Profils, wie es Sazilly in seiner Abhandlung (Annales des ponts et chaussées 1853, 2. semestre. S. 191) vergeschlagen Ein drittes und letztes Projekt wurde desshalb am 23. Dezember 1854 überreicht, das aber die anfänglich angenommene gerade Linie beibehielt. Dieses von den Ingenieuren Rosat und Lepeuple vergelegte Projekt wurde am 8. März 1855 genehmigt, jedoch mit einigen Verbesserungen, namentlich was den Versprung der Strebepfeiler betrifft, welcher auf 0^m50 redusirt wurde.

Woche vornehmen, da das Wasser des Flusses beinahe vollständig von den Fabriken in Anspruch genommen wird. Man ist daher genöthigt, den Tiefgang der Fahrzeuge und der Flösse zu reduziren, was die Transportkosten ungemein erhöht. Es wird das Wasser des Reservoirs von den Monaten Mai oder Juni an bis zum Ruhestande, d. h. ungefähr drei Monat hindurch, in das Wasser der Yonne abgelassen.

Die Wassereinlässe, welche jedesmal 500,000 bis 1 Million Kubikm. betragen, werden bei einer Wassermenge vorgenommen, welche hinreichend ist, um in der Cure wirkliche künstliche Hochgewässer hervorzubringen. Diese Anschwellungen fallen in dem Moment der Passage der Schleusungen in die Yonne und erhöhen deren Niveau.

Man kann das Wasservolum einer guten Schleusung auf 1,500,000 Kubikmeter berechnen. Wenn man den Verlust des vom Reservoir kommenden Wassers auf ⅓ setzt, so resultirt bei einem Abzug von 500,000 Metern noch eine Vermehrung von mehr als ⅓ des Volums der Schleusungen.

Die Schifffahrt auf der Yonne und der Cure ist nicht die einzige, welche von dem Wasser des Reservoirs von Settons begünstigt wird; der Kanal des Nivernais, der an mehreren Stellen mit der Yonne, zwischen Cravant und Auxerre, zusammenfällt, findet darin Hülfe zu seiner Speisung; ausserdem ist das Reservoir ein kostbares Hülfsmittel zum Schwemmen des Brennholzes der Cure. In der ganzen Zeit des Flössens während der ersten Monate des Jahres öffnet und schliesst man abwechselnd das Reservoir. Seitdem das Reservoir vollendet ist, wurden sowohl für die Schifffahrt als zum Flössen der Schwemmhölzer ungefähr 150 Millionen Kubikmeter Wasser verwendet; besonders sprang sein Nutzen in den Jahren 1858, 1859 und 1863 in die Augen, welche ausnahmsweise trockene Jahre waren.

Die vielen industriellen Anlagen an der Cure, welche ehemals einen grossen Theil im Sommer stillstanden, sind jetzt während dieser ganzen Jahreszeit in Thätigkeit. Endlich übt das Reservoir auf die Hochgewässer der Yonne einen grossen Einfluss aus, indem sich ein Theil des Wassers der Cure aufstaut, das dem der Yonne hinzugefügt wird.

Die Fischzuchtanstalt von Hüningen versendet jedes Jahr befruchtete Eier, die man in besonders dazu eingerichteten Behältern ausbrütet, worauf man die jungen Fische in das Reservoir wirft. In kurzer Zeit wird der Fischfang in diesem ungeheuren Wasserbehälter ein wichtiger Gegenstand für die Staatseinkünfte und vielleicht auch ein Industriezweig für die Gegend werden.

Man hätte den Einfluss fürchten dürfen, der durch einen schlammigen Boden auf einer Ausdehnung von 200—300 Hektaren, der alljährlich während der stärksten Sonnenhitze offen liegt, für die öffentliche Gesundheit entstehen könnte. Bisher ist aber dadurch noch kein Nachtheil entstanden, was jedenfalls der hohen Lage des Sees und den sonstigen lokalen Verhältnissen beizumessen ist. Uebrigens hat man das Wasser von seiner ersten Ansammlung an niemals unter 9ᵐ0 fallen lassen, um die darin sich aufhaltenden reichlichen Fische zu konserviren, und um auch die grösste Ursache der verpestenden Ausdünstungen zu vermeiden.

Man hat im Gegentheil eine Verbesserung des oft strengen Klimas in dieser Gegend bemerkt; in einem weiten Umkreise haben sich die Nordwinde gemildert, was übrigens eine Erscheinung ist, die man immer bei grossen Wassermassen wahrnimmt.

Nutzen des Reservoirs im Falle einer Veränderung der Schifffahrt der Yonne. — Eine jüngere Entscheidung (30. April 1861) hat ein Projekt genehmigt, das der Oberingenieur Cambuzat zur Herstellung einer ununterbrochenen Schifffahrt auf dem Yonnefluss zwischen der Mündung des Kanals von Burgund in die Yonne und der Mündung der Yonne in die Seine aufgestellt hat. Zur Ausführung dieses Entwurfes wurde mittels Dekrets vom 17. April 1861 eine Summe von 5,200,000 Frcs. bewilligt.

Dieses Projekt umfasst eine Reihe von beweglichen Wehren nach dem Systeme Chanoine *), welche staffelförmig in den Fluss gestellt werden, so dass überall ein Fahrwasser von mindestens 1ᵐ60 stattfindet.

Man dürfte wohl nicht mehr lange zögern, dasselbe System an dem Theile der Yonne anzuwenden, welcher den Kanal von Burgund mit dem Kanal von Nivernais in Verbindung setzt. Die Schifffahrt der

*) Vergl. Allgem. Bauzeitung, Jahrg. 1844.

Yonne wird also eine gänzliche Umgestaltung erleiden; ihr Lauf wird staffelförmig in Bassins getheilt, worin sich das Wasser auf einem beständigen Stande erhält und die Gefälle werden mittels Schleusen ausgeglichen; mit einem Worte, der Fluss wird kanalisirt. Gleichwohl kann bei diesem System die gänzliche Beseitigung der Schleusungen nicht erreicht werden.

Bei der Voraussetzung einer ununterbrochenen Schifffahrt wird die Yonne noch eine beträchtliche Wassermenge führen; die Fabriken, an deren Abschaffung man nicht denken kann, absorbiren einen bedeutenden Theil derselben. Das Reservoir wird dann ein werthvolles Hülfsmittel sein, um in allen Haltungen die normale Stauung zu sichern.

Bevor die Anlage des Wehres des Settons verfügt wurde, hatte man bereits auf den Fall einer Veränderung der Schifffahrt auf der Yonne Rücksicht genommen.

Beschreibung des Reservoirs. — Wenn man sich von Montsauche (Hauptstadt des Kantons in dem Departement der Nièvre, auf der Strasse von Chateau-Chinon nach Dijon) wendet, so gelangt man bald nach dem Uebergange des Thales der Cure auf ein hohes Plateau (640ᵐ0), von wo das Auge ein geräumiges Becken erblickt, das von mehreren Abzweigungen der Morvanberge gebildet wird. Ein grosser und stiller See nimmt den tiefsten Theil dieses Beckens ein; es ist das Reservoir des Settons, an dessen Gestaden einige Hütten zerstreut liegen; dunkle Wälder bedecken die Höhen und verstecken den Horizont.

Vor der Anlage des Reservoirs entdeckte man von diesem Plateau eine sumpfige Ebene, durch welche sich die Cure schlängelte. Der Boden erzeugte kaum einige Spuren einer verkümmerten Vegetation; die Hölzer hielten sich auf den Höhen und schienen diese kalte und feuchte Gegend zu fliehen. Nachdem es sich gegen Westen gewendet, schloss sich das Thal wieder plötzlich und die Cure entwich aus demselben durch eine enge und zerrissene Schlucht. In diese Schlucht setzte man die riesige Granitmauer, welche das grösste Reservoir Frankreichs abschliesst und auf dem Felsen gegründet ist, dessen vorspringende Gipfel auf allen Punkten des Thales zum Vorschein kommen; ihre ganze Länge beträgt 267ᵐ 15, die Wasserfläche bedeckt 403 Hektares 83 Ares Terrain; ihr Umfang ist 16,500ᵐ 0. Ein Vorgebirge verengt den Eingang des Busens, in dessen Hintergrund das Wehr erbaut ist, und bildet einen natürlichen Schutz gegen die Wogen, welche von den Nord- und Ostwinden gehoben werden. In die Verlängerung des Dammes hat man auf dem Abhange des Gebirges ein Gebäude für den Wächter des Wehres errichtet.

Allgemeine Beschreibung des Wehres. Untere Seite. — Von unten gesehen, bildet das Wehr in seiner Gesammtheit ein ungeheures Mauerwerk von rustikgemauerten Bruchsteinen, dessen Bekrönung 20ᵐ0 über dem Thalweg des Thales liegt. Fig. 1 (Blatt 56) ist die Ansicht von unten, Fig. 2 die Ansicht von oben, Fig. 3 der Grundplan. Die Ansicht der Mauer ist durch Strebepfeiler von 2ᵐ33 Breite und nur 0ᵐ50 Vorsprung in 12 Abtheilungen geschieden. Die Strebepfeiler haben nur den Zweck, die Einförmigkeit der Mauerfläche zu unterbrechen. Drei Stockwerke von Durchlässen *AB*, *CD*, *EF* sind in verschiedenen Höhen an dem linken Abhang angelegt; jedes Stockwerk oder jeder Durchlass besteht aus fünf voneinander unabhängigen Oeffnungen. In dem unteren *AB* liegt die mittlere Oeffnung etwas tiefer als die andere, so dass man durch dieselbe das Reservoir vollständig ablassen kann; ein aus zwei mit Stichbogen überwölbte Oeffnungen bestehender Ueberfall *GH* dient zum Abfluss des Ueberwassers. Bekrönt wird das Wehr von einem Kordon und einem Parapet. Das Kreuz aus Granit, das sich in der Mitte erhebt, erweckt einen frommen Gedanken bei der Betrachtung dieses grossartigen Werkes.

Die Fluthbetten der Durchlässe und des Ueberfalles sind stromabwärts verlängert, um die Wirkung des abstürzenden Wassers von der Mauer zu entfernen und zu schwächen; bei dem Hervorströmen aus den Oeffnungen wird es von Trichtern aufgenommen, die es in die mit starkem Gefälle angelegten Rinnen leiten, von wo es in das Bett der Cure strömt, nachdem es seine Kraft am Fusse mehrerer Kaskaden gebrochen hat.

Obere Seite. — Die von oberhalb gesehene Mauer (Fig. 2) ist noch einfacher als die von unten betrachtete; an derselben korrespondiren drei gemauerte Vorbauten den Durchlässen und tragen zur Festigkeit der Mauer an jenen Stellen bei, wo sie

durch die Ablässe geschwächt wäre. Man gelangt zu den Plateformen *LM, NO, PQ* dieser drei in verschiedenen Niveaux liegenden Vorbanten über die Treppen *ab, cd, ef*, die eine solche Anlage haben, dass sie ebenfalls die Widerstandsfähigkeit der Mauer vermehren. Wenn das Reservoir voll ist, so lässt man das Wasser durch den oberen Ablass mittels Apparate ab, die in die oberen Plateformen eingelassen sind; hat das Wasser die mittleren Plateformen trocken gelegt, so ist der obere Durchlass nicht mehr thätig, man setzt aber das Ablassen des Wassers durch das Oeffnen des mittleren Durchlasses fort, zu welchem Zweck man auf die Plateform eine bewegliche Winde setzt, die man durch einen Krahn hinablässt, der in dem Parapet befestigt ist. Wenn endlich der Wasserspiegel bis unter die unterste Plateform gesunken, so öffnet man die Schützen des tiefsten Durchlasses mittels derselben Winde. Vor den Schützen hat man in den Vorsprüngen Nuthen angebracht, in welche man bei vorkommenden Reparaturen Fallbalken einlegt.

Ganz am Ende des Wehres befindet sich der Ueberfall, welcher, wie erwähnt, aus zwei mit Stichbogen überwölbten Oeffnungen besteht; sein Fluthbett liegt 1m50 unter der Spannhöhe von 18m0, und es kann über demselben alles Wasser abfliessen, welches, plötzlich zuströmend, das Reservoir über den fixirten Wasserspiegel füllen könnte. In den Vorsprüngen an der Vorderseite der Mauer sind Nuthen zum Einlegen der Fallbalken, durch welche das Wasser bis zu 18m0 gespannt wird. Die Verbindung zwischen den beiden Vorsprüngen ist durch eine übergelegte Bohle hergestellt.

Die Wehrmauer ist mit einem W e g e bekrönt, welcher die durch das Wasser unterbrochene Verbindung herstellt; er ist 3m70 zwischen den durch zwei 0m30 breite Trottoirs geschützten Parapets breit. Ueber den Strebepfeilern der untern Mauerseite befinden sich kleine Ausweichplätze. Die Plateform hat ein Gefälle von 0m03, und das Regenwasser fliesst durch 12m0 voneinander entfernte Rinnen in dem oberen Parapet ab.

Profil des Wehres an dem tiefsten Durchlass (Fig. 8, Blatt 57). — Die Grundmauer des Wehres an der Stelle des tiefsten Ablasses hat eine Breite von 22m0, eine durchschnittliche Höhe von 3m50 und ist ganz in den Felsen eingelassen. Die Wehrmauer steht auf einer Basis von 11m40, während der Rest für den Ablauf des Wassers stromabwärts bestimmt ist. Der eigentliche Querschnitt des Wehres liesse sich durch ein Trapez von 19m0 Höhe bis zum Niveau der Randsteine des Weges mit einer Breite von 11m0 an der Basis und 4m0 an der Krone darstellen. Die obere Seite der Mauer hat eine Dossirung von 0m044 pro Meter, ist aber vor den Durchlässen senkrecht; die Mauerfläche stromabwärts hat eine doppelte Dossirung, nämlich die erste 0m303 von der Plinthe bis zum untern Grundablass und die zweite 0m633, welche einen Absatz von 0m30 zu der ersten am unteren Theile bildet. Das Parapet ist senkrecht und nimmt nebst der Plinthe eine Höhe von 2m50 ein.

Baumaterialien. — Granit ist der einzige Stein, welcher bei dem Bau des Wehres verwendet wurde. Der behauene Stein kam aus den Brüchen von Brenilles und de Chenu, 12 bis 15 Kilomet. von Montsauche entfernt; er besteht aus einem Agglomerat aus sehr wahrnehmbaren Krystallen, die ihm ein runzliches Aussehen geben; er ist sehr rauh und kalt und verbindet sich schlecht mit dem Mörtel. Man verwendete ihn nur an den Theilen mit regelmässiger Bearbeitung, für die Parapets, die Plinthe, die Durchlässe, den Ueberfall und die Abzugsrinnen.

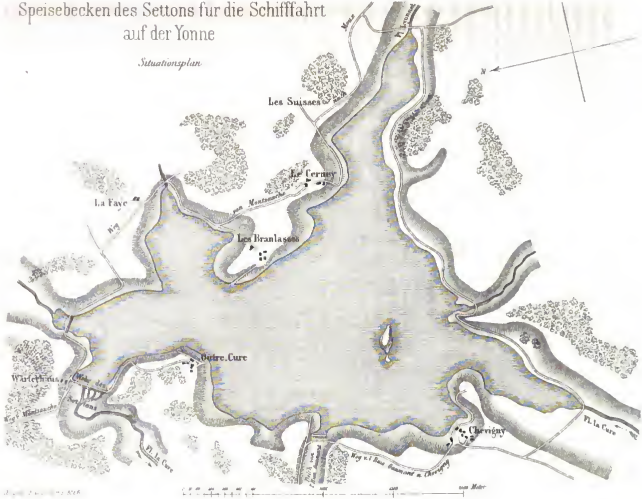
Der Granit der nahen Gebirge lieferte den rohen Bruchstein; man wählte denjenigen, dessen Feldspathkörner sehr gross sind, um einer vollständigen Verbindung mit dem Mörtel sicher zu sein; die Steine mit glattem Bruch wurden streng zurückgewiesen. Die Nothwendigkeit eines sehr gleichmässigen Mauerwerks führte auf die Verwendung dieses Steines zu den Mauerhäuptern im rustiken Zustande, wo er auch eine sehr gute Wirkung macht.

Sand wurde aus dem Bett der Cure genommen. Man war genöthigt, grosse Quantitäten Sand (arène) in den Fluss zu werfen, wovon sehr beträchtliche Anhäufungen in der Umfassung des Reservoirs selbst existirten. Diese Arène, die von der Strömung von ihren erdigen Theilen befreit wurde, lieferte einen sehr guten Mauersand.

Der hydraulische Kalk wurde von den Oefen von Corbigny geliefert; die Brüche dieser Fabrik enthalten Bänke von sehr verschiedener Qualität, eine einzige derselben gab ausserordentlich hydrau-

Speisebecken des Settons für die Schifffahrt auf der Yonne

Situationsplan



lischen Kalk, jedoch von geringer Wichtigkeit. Bei dem im Jahre 1855 aufgeführten Mauerwerk ist es daher nicht unmöglich, dass dazu einige Theile von wenig hydraulischem Mörtel mit untergeschoben sind; die Sicherheit, welche man mit diesem Kalk bei den Bauten am Kanal von Nivernais gewonnen hatte, fand sich nicht vollkommen gerechtfertigt bei den theilweisen Abtragungen von Stücken, die als Probemauerwerk aufgeführt worden waren.

Der Mörtel bestand aus einem Theil Kalk gegen zwei Theile Sand. Im Jahre 1856 nahm man statt des hydraulischen Kalkes fetten Kalk, dem man eine gewisse Quantität Zement von Vassy (50 Kil. pro Kubikmeter gelöschten Kalk) zusetzte, durch welche Mischung man sehr gute Resultate gewann. Im Jahre 1857 und 1858 verdoppelte man das Verhältniss des Zements, um keine Veranlassung zu Befürchtungen zu geben, wenn nächstens das Reservoir gefüllt werden sollte.

Mit einem Worte, die Qualität des verwendeten Mörtels vermindert sich von der Krone gegen die Fundamente zu; dieser Umstand hätte hinsichtlich der Wasserdichtigkeit des Mauerwerks zu Besorgnissen führen können, wenn man sich nicht durch die vorzügliche Ausführung desselben sicher gehalten hätte; die theilweisen Abtragungen, welche im Verlaufe der Arbeiten vorkamen, lieferten in der That die Ueberzeugung, dass das Mauerwerk vollkommen homogen war.

Indessen nöthigte unter den obwaltenden Verhältnissen die geringste Ungewissheit zur Ergreifung von Vorsichtsmassregeln, denn es hätten am Fusse Beschädigungen vorkommen können, deren Folgen sehr bedenklich gewesen wären. Es wurde daher entschieden, dass man für die obere Wand in allen Theilen unter dem natürlichen Terrain einen mit kleinen Steinen bestreuten Anwurf von 0m05 Stärke an der Aussenseite des Mauerwerks und 0m06 in die Fugen eindringend verwende.

Diese Operation fand bei allem im Jahre 1855 aufgeführten Mauerwerk statt; die übrigen Theile der stromaufwärtigen Mauerfläche, so wie auch der stromabwärtigen, wurden tief ausgekratzt und sorgfältig verfugt. Diese Arbeiten erforderten eine untadelhafte Ausführung. Eine Puddelwand von Thonerde, die mit Kalkmilch benässt wurde, brachte man ausserdem oberhalb wie unterhalb des Mauerwerks in den dazu ausgehobenen Gräben an.

Die durch diese Operationen gewonnenen Resultate waren ausgezeichnet. In den Jahren 1858 und 1859 zeigten sich an der Mauer wohl einige Spuren von Durchschwitzungen, selbst vier kleine Wasserstrahlen entstanden einige Meter über dem Boden, welche eine Wassermenge von beiläufig 3 Kubikm. pro Tag ausmachten; indessen war damals das Mauerwerk noch ganz neu, jetzt aber, wo die Mauer vollkommen trocken geworden, ist von diesen Durchsickerungen nur eine Ablagerung von kohlensaurem Kalk an dem untern Theil der stromabwärtigen Mauerfläche geblieben.

Sorgfältig gemachte Ausfugungen sind von der grössten Wichtigkeit für die gute Erhaltung des Mauerwerks, das einem starken Wasserdruck ausgesetzt ist. Bei dem Wehre des Settons wurde der vollkommen reine und scharfkörnige Sand mit einem Zement erster Klasse (Zement von Vassy) in dem Verhältniss von 0m60 Sand auf 850 Kilogr. Zement gemischt. Der rustike Verband erheischte an und für sich breite Fugen; der Mörtel, welcher sie ausfüllte, erhielt eine konvexe Form, durch welche man einen vollständigen Zusammenhang erreichte; der Anwurf wird verhindert sich an seinen Rändern abzuschälen und die Bindung findet bei Feuchtigkeit und bei Frost statt (Fig. 13 Blatt 56). Nicht eine einzige dieser Fugen hat seit der Vollendung des Baues gelitten.

Ablässe. — Die drei Ablässe sind von gleicher Konstruktion, jedoch mit Ausnahme des Grundablasses. Jeder Kanal hat seiner Länge nach drei verschiedene Querschnitte; bei 1m09 von oben aus hat die Oeffnung 1m0 Breite und 1m50 Höhe und ist halbkreisförmig; bei 0m45 aber ist die Oeffnung nur noch 0m70 breit und ihr Intrados liegt in der Verlängerung des Intrados des ersten Theils; sie mündet in eine enge Kammer, den Schacht für die Schütze, der bis zur Plateforme des Durchlasses reicht. Unterhalb von dieser Kammer erhebt sich der Fluthboden um 0m10 und bildet einen Anschlag oder eine Schwelle, woran sich die Schütze legt, welche eine Oeffnung mit gedrücktem Gewölbe von 1m0 Höhe bei 0m70 Breite schliesst, die sich 4m0 weit erstreckt. Jenseits erweitert sich der Kanal und nimmt seinen ersten Querschnitt wieder an.

An der Wasserseite befindet sich ein Gitter zur Verhinderung des Eindringens schwimmender Körper zu den Schützen.

Schützen. — Jede Ablassöffnung wird von einer Schütze aus Eichenholz von 1m06 Breite, 1m28 Höhe und 0m15 Stärke geschlossen, die mit einem eisernen Rahmen an den Stellen bekleidet ist, welche sich gegen den Stein legen. Zur Erleichterung der Bewegung ist der Granit an den Berührungsstellen polirt worden. Die eiserne Armatur, welche die Schütze mit ihrer Stange verbindet, besteht aus zwei an ihrem oberen Theil vereinigten Schenkeln. Ihr Zwischenraum ist mit einer hölzernen Bohle von 0m12 Stärke ausgefüllt, wodurch die ganze Stärke der Schütze auf 0m27 gebracht wird (Blatt 57, Fig. 20, 21, 22). Die Stange ist von Eichenholz und wird nach ihrer ganzen Länge von zwei eisernen Schienen umfasst. Die Bewegung wird durch mehrere Rollen geleitet.

Bei dem ersten, dem Grundablass, so wie beim zweiten Ablass sind die Stangen an ihrem obern Theil durch eine Vorrichtung abgeschlossen, welche eine Ausrückung fasst, die an der Zahnstange der beweglichen Winde befestigt ist; bei dem dritten Durchlass sind diese Stangen direkt mit den Apparaten verbunden, welche an der Plateforme befestigt sind.

Diese Schützen bilden einen sehr guten Verschluss, denn es wird eine absolute Dichtigkeit hervorgebracht, wenn man über den Oeffnungen Kohlenlösche oder Kohlenstaub ausbreitet; das Wasser, welches zwischen dem Holz und dem Stein zu entweichen sucht, zieht die Kohlentheilchen mit sich, welche in die geringsten Risse eindringen.

Bewegungsapparate. — Aus der vorstehenden Darstellung haben wir ersehen, dass die drei Ablässe nach und nach geöffnet werden. Zu diesem Zweck mussten Vorrichtungen aufgestellt werden, welche keine Zerstörung durch Wasser erleiden. Für den obern Durchlass war die Aufgabe leicht, man brauchte nur Winden auf der Plateforme zu befestigen, welche beständig über dem höchsten Wasserstand liegen. Zur Bewegung der übrigen Schützen konnte man sich nur eines Apparates bedienen, den man nach Belieben wegnehmen kann, auch musste sein Gewicht von der Art sein, dass er leicht zu transportiren und aufzustellen ist. Man erfand desshalb ein System von gusseisernen Trägern oder Gerüsten, im Wehre befestigt, welche über jeder Schütze eine bewegliche Winde halten können. Die fünf Träger ein und desselben Ablasses sind unter sich durch ein doppeltes Rail verbunden, auf dem sich diese Winde bewegt. Die Zahnstange der beweglichen Winde trägt ein Gesperr, durch das man die Stange der Schütze ergreifen oder loslassen kann (Fig. 15 — 19). Wenn man die Zahnstange herablässt, so gehen die beiden Finger, die das Gesperr bilden, auseinander, um den Apparat an der Stange durchzulassen; dann schliessen sie sich wieder und fassen diesen Appendix, worauf man die Schütze aufziehen kann. Will man den folgenden Durchlass öffnen, so hebt man das Gesperr mittels einer kleinen Kette; soll das Manoeuvre fortgesetzt werden, so schiebt man die Winde vor andere Oeffnungen, und ist die Operation beendigt, so hebt man sie mittels des auf dem Parapet beweglichen Hahnes wieder herauf.

Der Wehrwärter ist für alle diese Hantirungen ausreichend und hat nur beim Aufstellen der Winden einen Gehülfen nothwendig. Man verdankt dieses sinnreiche und leicht zu gebrauchende System dem Herrn Ingenieur Marini, welcher die Leitung der Arbeiten in der letzten Bauperiode hatte.

Die Schützen haben 1m30 Flächenraum; die Grundschütze bewegt sich unter einem Maximaldruck von 6m0 (Abstand zwischen dem Niveau des Wassers und dem Mittelpunkt der Schwere der Oeffnung); die höchste Druckhöhe des Wassers ist also 1,30 × 6, × 1000 = 7800 Kilogr. Da der Reibungskoeffizient beiläufig gleich ist 0,60, so ist die zum Heben der Schütze erforderliche Kraft 7800 × 0.60 = 4680 Kilogr. Für die Kraft der Winde musste man ein Minimum von 5 bis 6000 Kilogr. annehmen, und dieses Minimum könnte zufällig bedeutend überschritten werden. Die zu den Hantirungen angewendete Winde gibt der Zahnstange einen Lauf von 0,20 bei 78 Umgängen der Kurbel, was bei Vergleichung der, von dem Angriffspunkt der anfänglichen Kraft und der Zahnstange durchlaufenen Wege eine Zugkraft von beiläufig 15000 Kilogr. ergibt.

Wassermenge. — Die Schütze des tiefsten Kanals des Durchlasses arbeitet unter einem höchsten Druck von 6m0 (Fig. 1 Bl. 56); die vier übrigen Schützen des Grundablasses, eben so wie die fünf Schützen

des zweiten Durchlasses bewegen sich bei einem höchsten Druck von 5ᵐ50, und die des dritten Ablasses unter einem Druck von 5ᵐ0. Nach diesen Angaben lässt sich die Wassermenge von jedem Durchlass berechnen, und zwar mittels der Formel:

$$Q = n\ K\ S\ V,$$

worin:

Q die gesuchte Wassermenge.

n die Anzahl der offenen Schützen.

K Koeffizient, der sich nach den verschiedenen Fällen der Kontraktion richtet.

S Flächenraum der Abflussöffnung.

V Geschwindigkeit, bedingt durch die Wasserhöhe über dem Schwerpunkt der Oeffnung.

Der Abfluss durch eine Schütze auf ein Fluthbett gibt Veranlassung zu einem Strahl, welcher bloss an seinem obern Theil zusammengezogen ist; in dem vorliegenden Falle musste der Koeffizient K auf beiläufig 0,80 bestimmt werden.

Die durch eine gegebene Höhe h bedingte Geschwindigkeit V wird ausgedrückt durch $\sqrt{2\ g\ h}$ ($g = 9{,}81$).

Es wird daher die ganze Wassermenge, des dritten Durchlasses z. B., unter dem höchsten Druck $h = 5^m0$ betragen

$$Q = 5 \times 0{,}80 \times 1{,}00 \times 0{,}70 \times \sqrt{2 g h} = 27{,}72.$$

Dieselbe Formel auf die zwei unteren Durchlässe angewendet, gibt für den ersten eine Wassermenge von 29ᵐ33 und für den zweiten eine solche von 29,06.

Dimensionen der Abzugsrinnen. — Die Bedürfnisse der Schifffahrt und der Flösserei erfordern keine grössere Wassermenge als 10 Kubikmeter pro Sekunde. Demnach musste man die Dimensionen der Abzugsgräben so annehmen, dass sie so viel als möglich das Maximum eines jeden Durchlasses abzuführen im Stande sind.

Die beiden untern im tiefsten Grunde des Thales in einem leichten Terrain eingeschnittenen Gräben haben an der Sohle eine Breite von 10ᵐ0, und eine mittlere obere Tiefe von 2ᵐ0; ihr Gefälle beträgt ungefähr 0ᵐ008, und sie sind vollständig ausreichend für die Wassermenge. Wenn man annimmt, dass das Wasser in denselben zwischen vollen Rändern fliesst, so wird die Geschwindigkeit nicht mehr als 1ᵐ50 betragen. Man hat sich damit begnügt, den Fuss der Böschungen durch rohe Steine zu schützen, und den obern Theil mit Rasen zu bekleiden.

Die Abzugsgräben des dritten Durchlasses und des Ueberfalles, die in die felsigen Abhänge des Gebirges eingeschnitten werden mussten, sind viel schmaler, denn ihr Querschnitt bildet ein Trapez von 2ᵐ0 und 3ᵐ0 an der Basis bei 1ᵐ20 Höhe. Bei einer Wassermenge von 27ᵐ72 muss sich das Wasser in denselben mit einer Geschwindigkeit von 9ᵐ24 pro Sekunde bewegen. Diese ausnahmsweise Geschwindigkeit, welche noch durch die Länge des Laufes beschleunigt wird, würde sorgfältig gemauerte Kanäle erfordert haben.

Das Gefälle, welches für eine Geschwindigkeit von 9ᵐ24 pro Sekunde erforderlich ist, wird nach der Formel von Tadini berechnet:

$$V = 50 \sqrt{R\ i},$$

worin:

V die mittlere Geschwindigkeit pro Sekunde,

R das Verhältniss des Wasserquerschnittes zum benetzten Umfange,

i das Gefälle pro Meter,

welche ergibt:

$i = \frac{V^2}{50^2 \times R}$ oder, wenn man $V = 9{,}24$ annimmt,

$$i = \frac{85.38}{2500 \times \frac{3{,}00}{4{,}60}} = 0{,}052.$$

Das Gefälle der Abzugsgräben des dritten Durchlasses ist etwas stärker als dieses Resultat, denn es beträgt 0ᵐ055.

Bei dem Abzugskanal des Ueberfalles hätte man ein geringeres Gefälle oder einen geringeren Querschnitt annehmen sollen, da das in demselben fliessende Ueberwasser niemals 10 Meter überschreitet. Es könnte sich indessen der Fall ereignen, dass man durch den Ueberfall mehr Wasser ablassen müsste, z. B. wenn man bei Beschädigungen oder Reparaturen in dem Abzugskanal des dritten Durchlasses gezwungen wäre, den Ueberfall zum Ablass zu benützen. In diesem Falle würde man an der obern Seite die Fallbalken einlegen. Während der Anlage der Abzugskanäle hat man mehrmals zu diesem Mittel seine Zuflucht genommen. Der verhältnissmässig starke Querschnitt, den der Abzugskanal des Ueberfalles hat, kann daher in verschiedenen Fällen seinen Nutzen haben.

Untersuchungen über die Stabilität des Wehres. — Die Stabilität eines Wehres kann von drei verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet werden:

1. in Bezug auf die Widerstandsfähigkeit, die es den Kräften entgegenstellt, welche es umzustürzen streben;

2. in Bezug auf die Last, welche der Boden des Fundaments und der untere Theil des Mauerwerkes trägt und es zu verschieben sucht;

3. in Bezug auf das Rutschen, das an der Sohle des Fundements, oder in einer der Schichten des Wehres vorkommen kann.

Die Dimensionen des für den Bau des Wehres des Settons vorgeschriebenen Musterprofils wurden nach diesen dreifachen Ansichten bestimmt. Wir wollen indessen an einem praktischen Profil nächst dem Grundablass die Untersuchung anstellen, wenn mit den durch die Erfahrung gelieferten Anhaltspunkten das Wehr allen Bedingungen einer vollständigen Stabilität gehörig entspricht. Die Berechnungen beziehen sich auf einen laufenden Meter der Mauer. (Fig. links Blatt 57.)

Wir nehmen an, dass das Wasser zwischen den Mauern und der obern Thonpuddelwand eindringe und dass sich folglich der Druck bis zum Niveau der Sohle des Fundamentes bemerklich mache. Diese Annahme ist offenbar für die Berechnungen ungünstig, und die Resultate müssten als das Maximum betrachtet werden.

Widerstand gegen den Umsturz. — Es ist hier nothwendig das Wehr als einen Monolithen zu betrachten, welcher sich unter dem Druck, der auf ihn ausgeübt wird, im Ganzen um seine stromabwärtige untere Kante drehen könnte.

Bei dieser Annahme wird vorausgesetzt, dass das Wasser seinen Stand bei 18^{m}0 Höhe einnimmt; man braucht dann nur zu prüfen, ob die Resultanten aller vorhandenen Kräfte durch die Grundfläche gehen.

Die Kräfte, welche sich verbinden, um die definitive Resultante zu bilden, sind horizontale und vertikale Kräfte; die ersteren entstehen durch den Druck des Wassers auf die stromaufwärtige Mauerfläche, welcher Druck mit der Tiefe zunimmt; die zweiten sind das Gewicht der Mauer und der Druck des Wassers auf die verschiedenen Absätze und auf die geneigte Seite der Mauer.

Setzt man den horizontalen Druck des Wassers, das seinen Mittelpunkt des Angriffes an dem dritten Theil der Höhe hat, mit dem Gewicht der Mauer, das auf seinen Mittelpunkt der Schwere wirkt, und mit den senkrechten Drücken des Wassers zusammen, so erhält man die Resultante.

Um die Resultante der senkrechten Kräfte graphisch zu bestimmen, kann man das Profil in geometrische Figuren zerlegen, den Mittelpunkt der Schwere von jeder aufsuchen und darauf die ihrem Gewicht proportionellen Kräfte anwenden, auch die senkrechten Drücke des Wassers darstellen, und dann alle diese senkrechten Kräfte in eine einzige zusammensetzen. Hat man diese Kraft erhalten, so setzt man sie mit dem Druck des Wassers zusammen, woraus sich der höchste Gesammtdruck ergibt, den die Mauer zu erleiden hat.

Diese Methode erfordert die Anwendung der graphischen Konstruktionen, womit immer einige Ungenauigkeiten verbunden sind. Wir haben daher die Methode der Berechnungen vorgezogen.

Zieht man die Summe der Momente der Gewichte von den verschiedenen Theilen der Mauer oder des Wassers in Bezug auf irgend eine senkrechte Linie, so erhält man das Moment der Resultante. Was den Abstand der Resultante von dieser senkrechten Linie betrifft, so ist sie gleich der Summe der Momente der senkrechten Kräfte, getheilt durch die Summe dieser Kräfte.

Ist diese Entfernung einmal bekannt, so wie auch die senkrechte Resultante, so braucht man nur noch den Angriffspunkt dieser letztern auf die Richtung des Druckes zu nehmen. Die definitive Resultante lässt sich leicht ableiten.

Anstatt eine einzige Resultante zu suchen, haben wir eben so viele Resultanten als geometrische Figuren bestimmt. Man betrachtet nach und nach die Figuren, die zwischen der obern Base und den verschiedenen horizontalen Linien enthalten sind, welche das Profil theilen und man sucht die Durchschnittspunkte von jeder Resultante mit der Basis der Figur, welcher sie korrespondirt. Man erhält demnach die Hauptpunkte einer Linie, welche der Ort der Durchschneidungen einer Unendlichkeit von Resultanten mit

den korrespondirenden Basen sein würde, und aus welcher man, wie wir weiterhin ersehen werden, erkennen kann, ob die Mauer in allen ihren Theilen eine hinreichende Widerstanndsfähigkeit gegen das Zerdrücken bietet.

Eines der wesentlichsten Elemente der Berechnung ist das Gewicht des Mauerwerks.

Der zu den Grundmauern verwendete rohe Bruchstein hat eine Dichtigkeit von 2,60, der dazu verwendete Mörtel, beiläufig $\frac{1}{4}$, hat eine Dichtigkeit von circa 2.40, so dass sich für die durchschnittliche Dichtigkeit der Mauer ergibt 2,56.

Bei den Berechnungen hat man auf das Gewicht der Parapets oder auf zufällige Belastungen keine Rücksicht genommen.

Die Kräfte sind in der Figur durch Linien dargestellt, welche ihre Richtung angeben und proportional zu ihrer Intensität sind.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Resultate der Berechnung enthalten.

Die auf die Zeichnung angewendeten Resultate beweisen, dass sich die Resultante auf die Basis stützt und dass die erste vorstehend angegebene Bedingung reichlich erfüllt wird. Diese Bedingung wird sich in der Praxis immer leicht realisiren, und zwar um so besser als die beiden letztern vollständiger erfüllt werden; auch muss sie als accessorisch betrachtet werden.

Widerstand gegen Zerdrückung. — Die Tendenz zum Zerdrücken ist besonders in den untern Theilen des Mauerwerks vorherrschend, welche die vereinigte Wirkung des Wasserdruckes und des ganzen Gewichtes der Mauer zu erleiden haben. Es ist daher angezeigt sich zuvörderst zu überzeugen, ob der Fuss der Mauer nicht eine zu starke Last zu tragen habe. Man könnte übrigens dieselben Berechnungen an irgend einem Punkt der Höhe anstellen.

Die Resultante kann so betrachtet werden, als übe sie ihre Wirkung gleichmässig an jeder Seite von ihrem Angriffspunkt und in der Linie ihrer Richtung aus, folglich auf eine doppelte Fläche derjenigen, die zwischen diesem Punkt und der äussern Mauerseite besteht, so dass man die effektive Belastung pro Quadratcentimeter erhält, wenn man die totale Resultante durch die Zahl der Quadratcentimeter dividirt, welche ein laufender Meter der Mauer zwischen der Resultante und der Vorderseite der Mauer enthält, und das Resultat mit dem Koeffizienten $\frac{1}{2}$ multiplizirt.

Das Moment des äusseren Punktes s im Verhältniss zu der Resultante (644.184^k) ist gleich der Differenz der Momente desselben Punktes in Bezug auf die Komponenten, woraus sich ergibt:

$$O\,s \times 644.184^k = 597{,}000^k \times 7{,}333 - 242.000 \times (16{,}333 - 5{,}863),$$

folglich:

$$O\,s = 6^m 946.$$

Der Druck, welcher auf einen Quadratcentimeter der Basis des Mauerwerks, wie auch auf die Sohle der Fundamentirung ausgedrückt wird, beträgt also:

$$\frac{1}{2} \times \frac{644.184}{69.460} = 4^k 64.$$

Wenn man aber den Koeffizienten $\frac{1}{2}$ mit $\frac{1}{3}$ annimmt, wie es Herr Sazilly gethan, so reduzirt sich der Druck auf:

$$\frac{1}{3} \times \frac{644.184}{69.460} = 3^k 09.$$

Eine ähnliche Berechnung wird den Druck in irgend einem Punkte der Mauerhöhe kennen lehren. So findet man, dass an dem Punkt c die Materialien bloss einem Druck von $1^k 82$ pro Quadratcentimeter ausgesetzt sind.

Herr v. Sazilly hat die Grenze des Druckes, die nicht überschritten werden darf, auf 4 Kilog. festgesetzt. Indessen kann sich diese Grenze sicherlich nach der Widerstandsfähigkeit des Bodens und den Baumaterialien ändern. Bei dem Wehr des Settons, welches gänzlich aus Granit erbaut wurde und auf einem Felsen derselben Art steht, hätte man ohne Besorgniss die Maximalpressung von $10^k 36$ erreichen können, was bei der Mauer Gros-Bois (in dem Reservoir des Kanals von Burgund) ohne Risse nicht geschehen konnte, denn diese steht auf einem thonhaltigen Boden, welcher eine grosse Elastizität besitzt, was für die Stabilität des Mauerwerks höchst ungünstig ist.

Bei Settons, wo die Stabilität in Bezug auf die Pressungen in vortrefflichen Verhältnissen sich befindet, hat man niemals die geringste Bewegung im Mauerwerk bemerkt, selbst dann nicht, wenn das Reservoir voll gespannt ist.

Widerstandsfähigkeit gegen Verschiebung. — Die Mauer hat ein Bestreben sich auf der

Senkrechte Komponenten										Resultanten					
Gewicht der Mauer				Wasserdrücke		Abstände der Schwerpunkte oder des Druckes von MN	Momente in Bezug auf MN		Horizontale Komponenten $\frac{h^2}{2}$	der senkrechten Kräfte		der horizontalen Kräfte		Definitiver	
Bezeichnung der Figuren	Flächenraum		Werth in Kilogr.	Angriffs-Flächen	Werth in Kilogr.		der Gewichte der Mauer	der Wasserdrücke		Werthe (p)	Abstände von MN	Werthe (q)	Abstände von der Basis	Werth $\sqrt{p^2+q^2}$	Winkel mit der Basis $tang\ \alpha = \frac{p}{q}$
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Meter	Kilogr.		Kilogr.	Meter	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Meter	Kilogr.	Meter	Kilogr.	
Theil des Profils über de	Fläche $dabe$ ..	76,62	166,147	Geneigte Wand	2,673	6,044	1,185,512	7,161	60,500	198.820	5,999	60,500	3,667	207,891	73°4'
	Ueberträge ..	„	„			2,680	„								
Total		76,62	166,147		2,673		1,185,512	7,161							
							1,192,673								
Theil des Profils über $f\iota$	Fläche $feci$.	35. „	19.600	Geneigte Wand	2,673	6,505	227,675	7,161	105,125	299,420	5,151	105,125	4,858	217,338	„
	Ueberträge .	76,62	166,147	1 Absatz	11,000	2. „	1,185,512	22,000							
Total		111,62	285,747		13,672		1,413,187	29,161							
							1,442,348								
Theil des Profils über lh	Fläche $lgik$.	11,68	29,900	Geneigte Wand und 1. Absatz	13,672	6,310	189,566	29,161	120,125	343,820	4,789	120,125	5,167	364,201	„
	Ueberträge .	111,62	285,747	2. Absatz	14,500	1,810	1,413,187	14,500							
Total		123,30	315,647		28,173		1,602,753	43,661							
							1,646,414								
Theil des Profils über on	Fläche $olmn$	32,302	82,693	Geneigte Wand u. 1 u. 2. Abs.	28,173	6,969	576,288	43,661	162,000	426,513	5,200	162,000	6. „	456,242	„
	Ueberträge ..	123,300	315,647				1,602,753								
Total		155,602	398,340		28,173		2,179,041	43,661							
							2,222,702								
Theil des Profils über qr	Fläche $qpnr$	7,186	18.396	Geneigte Wand u. 1. u. 2. Abs.	28,173	7,195	132,359	43,661	171,125	453 909	5,192	171,125	6,167	485,095	„
	Ueberträge ..	155,602	398,340	3. Absatz	9,000	7,250	2,179,041	2,250							
Total		162,788	416,736		37,173		2,311,400	45,911							
							2,357,311								
Theil des Profils über ut	Fläche $uqst$.	10,801	27,650	Geneigte Wand und 1, 2 und 3. Absatz ...	37,173	7,715	213,320	45,911	184,320	481,559	5,338	184,320	6,400	515,629	„
	Ueberträge ..	162,788	416,736				2,311,400								
Total		173,589	444,386		37,173		2,524,720	45,911							
							2,570,631								
Theil des Profils über vx	Fläche $vuxz$.	11,011	28,188	Detto	37.173	7,865	221,699	45,911	198,005	509.747	5,478	198,005	6,633	546,858	„
	Ueberträge ..	123,589	444,386				2,524,720								
Total		184,600	472,574		37,173		2,746,419	45,911							
							2,792,330								
Theil des Profils über $\gamma\beta$	Fläche $\gamma v \alpha \beta$.	11,221	28,726	Detto	37,173	8,010	230,095	45,911	212,180	538,473	5,616	212,180	6,867	578,778	„
	Ueberträge ..	184,600	472,574				2,746,419								
Total		195,821	501,300		37,173		2,976,514	45,911							
							3,022,425								
Theil des Profils über $\delta\varepsilon$	Fläche $\delta\varepsilon\gamma\gamma$.	22,860	58,527	Detto	37,173	8,160	477,578	45,911	240,000	597,000	5,863	242,000	7,333	644,184	67°56'
	Ueberträge ..	195,821	501,300				2,976,514								
Total		218,681	559,827		37,173		3,454,092	45,911							
							3,500,003								

Sohle des Fundaments oder über einer ihrer Schichten zu verschieben; es ist offenbar genügend zu untersuchen, ob sie eine hinreichende Widerstandsfähigkeit gegen das Verschieben in jenem Theile besitzt, wo sie sich in dieser Beziehung unter den ungünstigsten Verhältnissen befindet.

Die Kraft, welche das Wehr zu verschieben strebt, ist der horizontale Druck des Wassers; die Kräfte, welche dagegen arbeiten, ist die Reibung, welche durch das Gewicht der Mauer und das Gewicht des Wassers auf die vorspringenden Theile entsteht, so wie die Kohäsion des Mauerwerks unter sich oder mit der Sohle des Fundaments.

Die Kohäsionskraft ist proportional der Grösse der Reibungsbasis, so dass, wenn die Kohäsion pro Flächeneinheit durch f ausgedrückt wird, die auf die ganze Basis wirkende Kohäsion mit fb bezeichnet wird. Nennt man p den durch eine Höhe h entstehenden Schub des Wassers, m die Masse der dieser Höhe entsprechenden Mauer, und k den Reibungskoeffizienten des Mauerwerks unter sich, so müsste man für alle horizontale Querschnitte die folgende Relation haben:

$$m k + f b > p \text{ oder } > \frac{h^2}{2}$$

oder auch:

$$\frac{m k + f b}{\frac{1}{2} h^2} > 1.$$

Diese Ungleichheit muss sich ebenfalls für die Basis bestätigen, wenn man, wie es vorkommt, dem Koeffizienten k einen verschiedenen Werth beilegt.

Es ist aber zu bemerken, dass man bei den Berechnungen von der Kohäsionskraft absehen muss, denn es kann sich dieselbe je nach der Eigenschaft der Materialien zwischen sehr weiten Grenzen bewegen; übrigens kann sich der Schub vor dem vollständigen Binden des Materials äussern, wie dies bei Settons der Fall war.

Dies vorausgeschickt, ist es leicht einzusehen, dass der unter der Erde sich befindende Theil der Mauer dem Verschieben mehr Widerstand entgegensetzt als die obern Theile. Die Fundamente sind in der That 1^m40 in den Felsen eingelassen, und bis 5^m20 darüber legen sie sich gegen sehr feste Erdarten. Wenn sich die Verschiebungen auf die Fundamente bemerkbar machen sollten, so müsste das Wehr ein Prisma von 6^m60 Höhe und einer bedeutenden Länge verrücken können; dazu kommt noch, dass man in dem Felsen der Fundamente absichtlich Unregelmässigkeiten und stromaufwärts einen Absatz angebracht hat, um den Unterwaschungen oder Siekerungen unter der Mauer vorzubeugen und die Schwierigkeiten der Verschiebung zu vermehren.

Man braucht also nur die Ungleichheit für eine Schicht der Höhe, z. B. in dem Querschnitt lh, dem der Basis zunächst liegenden, darzuthun.

Lässt man die Kohäsion des Mauerwerks ausser Acht, so reduzirt sich die vorstehende Ungleichheit auf:

$$\frac{m k}{\frac{1}{2} h^2} > 1.$$

Der in der Tabelle berechnete Werth von m ist 343,820; der Reibungskoeffizient k des Mauerwerks wurde mit 0^m76 ermittelt; die Höhe h beträgt 15^m50.

Ersetzt man in der Ungleichheit die Buchstabengrössen durch ihre numerischen Werthe, so erhält man für das erste Glied:

$$\frac{343.820 \times 0,76}{\frac{1}{2} \times \overline{15,50}^2} = \frac{261.303}{120,12}.$$

Dieses Verhältniss, viel grösser als 1, beweist, dass man der Widerstandsfähigkeit des Wehres in Bezug auf die Verschiebung ganz vertrauen darf.

Wenn dieses Verhältniss zur Einheit gleich wäre, so würde sich das Wehr in immer unbeständigem Gleichgewicht befinden. In der Praxis genügt es nicht, es etwas grösser als 1 zu machen, denn man lässt immer bei den Berechnungen gewisse Umstände ausser Acht, welche auf die Resultate Einfluss nehmen können; z. B. die Durchsickerungen, welche den Koeffizienten bedeutend vermindern, wenn das Wehr auf einem thonhaltigen Boden fundamentirt wäre. Es ist zweckmässig als untere Grenze dieses Verhältnisses das kleinste Verhältniss anzunehmen, das für ein ähnliches Werk anerkannt ist, dessen Stabilität durch die Zeit bestätigt wurde.

Abhandlung über die Befestigung der Böschungen von Strassen, Kanälen und Eisenbahnen.

Von **M. R. Bruère**, Sektionschef der französischen Ostbahn.

(Mit Zeichnungen auf Blatt **12—17** und am Schlusse der Abhandlung.)

(Schluss.)

A) Einschnitte.

136. Nach den in den vorstehenden Abschnitten entwickelten Prinzipien ist es folgerichtig, dass die Arbeiten zur Befestigung der Böschungen als Gegenstand haben müssen:

1. Das Terrain vor den Wirkungen des innern Wassers zu schützen.

2. Die Böschungen vor den atmosphärischen Einflüssen zu bewahren.

Um den Wirknngen des innern Wassers vorzubeugen handelt es sich darum, das letztere nächst der Oberfläche der Böschungen in einer solchen Tiefe zu sammeln, dass es stets vor dem Frost geschützt ist und dass folglich sein direkter Lauf über die thonhaltende Erde nach ihrem Austritt aus den wasserhaltenden Schichten so schwach als möglich gemacht werde.

Um sie vor den Wirkungen der Trockenheit, der Regengüsse und besonders der Fröste sicher zu stellen, müssen die Böschungen mit einer Schicht Erde bedeckt werden, welche so gestampft wird, dass sie in der Folge nur die allermindeste Senkung erleidet; auch muss man eine solche Erde wählen, die bei der Berührung mit Wasser durchaus nicht flüssig wird.

Wir werden nun nach und nach die Methode angeben, durch welche man diese beiden verschiedenen Resultate unter den sich am meisten zeigenden Umständen erreicht. Der Unterschied, welcher zwischen dem Zustand der eingestürzten Böschungen und den nicht eingestürzten oder nur wenig beschädigten besteht, gibt nothwendiger Weise Veranlassung zur Anwendung verschiedener oder wesentlich modifizirter Methoden und daher zu der nachstehenden Eintheilung in präventive und repressive Arbeiten.

Präventive Arbeiten.

Einschnitte in Thonerde.

1. Austrocknungseinschnitte.

137. Rinnen. — Die Trockenlegung der Böschungen erreicht man durch die Anlage von Rinnen, die über undurchdringlichen Schichten von Ziegeln gemauert und mit filtrirenden Stoffen nach der ganzen Höhe der Durchsickerungen (Fig. 91) ausgefüllt werden. Diese Rinnen, welchen man die Benennung „Auswässerungsrinnen“ (caniveaux d'assainissement) geben kann, vereinigen in allen Punkten die genannten Bedingungen; die Entfernung AB kann vergrössert oder verringert werden, je nachdem man beabsichtigt die Wirkungen des Frostes zu vermeiden oder an Baukosten zu sparen, indem man das Volum des Abtrages des Dreieckes ABC kleiner macht, und ausserdem kann die Rinne aus Ziegeln auch der wasserhaltenden Schicht so viel man will genähert werden. Jedem Punkt der Rinnen, welche entgegengesetzten Gefällen folgen, korrespondirt ein Kanal, der ebenfalls aus Ziegeln konstruirt und mit einem Steinwurf versehen ist. Dieser Kanal (Fig. 94), welcher dem Gefälle der Böschung folgt, führt das Wasser direkt in die Abzugsgräben der Eisenbahn. Die Rinnen dieser Art sind auch nothwendig, wenn die wasserführenden Schichten nicht Gefälle genug haben, dass das in den gewöhnlichen Rinnen gesammelte Wasser schnell genug abfliessen kann.

Eine Rasenbekleidung DC (Fig. 91) macht mit der Konstruktion der Rinne und dem Steinwurf die drei wesentlichsten Theile der Auswässerungsrinnen aus.

138. Materialien, Ziegeln. — Die Ziegel, welche für die Konstruktion der Rinnen am zweckmässigsten sein dürften, sind offenbar diejenigen,

welche den beabsichtigten Zweck mit der passenden Grösse erfüllen. Man nimmt dazu in der Regel Separat-Ziegeln von 0m25 Länge, 0m8 bis 0m10 Breite und 0m025 Stärke. Hat man keine anderen zur Disposition oder ist die benöthigte Quantität zu klein, um Separat-Ziegeln machen zu lassen, so kann man sich nichts destoweniger gewöhnlicher Ziegeln bedienen; sie haben aber im Vergleich zu den Separat-Ziegeln beträchtliche Uebelstände; der Preis derselben ist im Allgemeinen höher, ihre zu grossen Dimensionen nach der Breite und Dicke vermehren die Kosten des Transports und des Arbeitslohnes beim Ausgraben der Rinnen. Die Transportkosten nehmen offenbar mit ihrem Volum und folglich mit ihrem Gewicht bei einer gegebenen Länge der Rinnen zu, die Zunahme der Erdarbeit bei den Rinnen wird durch die Vergleichung der Fig. 95 und 96 hinlänglich bewiesen. Die Anwendung gewöhnlicher Ziegeln führt nicht bloss zu der Vergrösserung des Dreieckes *ABC* und des Viereckes *DF*, sondern es wird auch eine grössere Quantität von hydraulischem Mörtel erfordert, dessen Kosten immer sehr hoch sind.

Man hat manchmal die Anwendung hohler kreisrunder Ziegeln als Ersatz für die Separat-Ziegeln anempfohlen. Wir haben uns solcher Ziegeln bei dem Einschnitt de la Vinoterie (Mühlhausener Linie) zu 3400m0 lauf. Meter Rinnen während des Winters 1856 bedient; diejenigen, welche wir verwendeten, waren für einen andern Gebrauch fabrizirt worden; sie hatten eine parabolische Form mit den Dimensionen der Fig. 92; wir überzeugten uns aber leicht, dass sie keinen wirklichen Vortheil gegen die Separat-Ziegeln hatten. Die Arbeit des Vermauerns ist viel leichter und schneller von Statten gehend; ihr Ankaufspreis aber ist zu hoch. Diese Ziegeln hatten 0m30 Länge und kosteten 186 Frs. 90 Cent. pro Tausend auf den Bauplatz geliefert; der Preis für eine gleiche Quantität Separat-Ziegel belief sich auf 39 Frs. 95 Cent. Der Unterschied der Preise war also pro lauf. Meter

$$\frac{(186\text{ Frs. } 90 \times 3)}{1000} - \frac{(39\text{ Frs. } 95 \times 12)}{1000} = 0.08\text{ C.}$$

für die Ziegellieferung allein. Die Quantität des anzuwendenden Mörtels ist nicht minder hoch, und auf der andern Seite ist es in vielen Fällen schwierig, mit diesen Ziegeln den Rinnen nach allen Krümmungen der Durchsickerungsschichten zu folgen. Ein besonders ernstlicher Uebelstand aber ist, dass die abgerundete Form das Verstopfen der Rinnen erleichtert; bedient man sich ebener Ziegeln, so verbleiben immer nächst den Winkeln *a* und *a'* (Fig. 95) leere Räume, wo das Wasser einen ununterbrochenen Abfluss finden kann; die filtrirenden Materialien aber, die in eine Rinne von hohlen Ziegeln geworfen werden, bilden daselbst weniger Zwischenräume, und der unregelmässige Lauf des Wassers zwischen den Steinen oder Kieseln ist der Expulsion der erdigen Stoffe, welche das Wasser mit sich führt, weniger günstig.

139. Mörtel. — Die Zusammensetzung des Mörtels ist dieselbe wie bei den Kunstbauten der Eisenbahnen, d. h. ein Theil Kalk und zwei Theile Sand. Der Kalk muss hydraulisch und von guter Qualität sein, denn für den Fall, dass die Ziegeln unter der Last von durchdringlichen Materialien und bei dem Gehen der Arbeiter über das Banquett AD (Fig. 91) zerbrechen oder ausser Verbindung kommen sollten, ist es vortheilhaft, dass die Schicht des hydraulischen Mörtels, worüber die Ziegeln gelagert sind, eine hinreichende Widerstandsfähigkeit habe und so undurchdringlich ist, um den Mangel an Ziegeln zu ersetzen. Auch ist es unumgänglich nothwendig, sich des Flussandes zur Anfertigung des hydraulischen Mörtels zu bedienen; indessen haben wir mit dem Kalk von Ville-sous-la-Ferté 22 Kubikmeter mit Grubensand zum Bau der Rinnen in dem Einschnitt von Vendeuvre im Jahre 1856 ausführen müssen, und nach Verlauf von einiger Zeit hatte der Mörtel eine hinreichende und selbst sehr merkwürdige Festigkeit erlangt; ein solcher Fall kommt aber sehr selten vor und erklärt sich nur durch die ausgezeichnete Qualität des hydraulischen Kalkes.

Es ereignet sich manchmal, dass man den hydraulischen Kalk durch den Romanzement von Vassy ersetzt. Man soll nur dann den Zement verwenden, wenn das Wasser sehr reichlich ist; in jedem anderen Falle würde man nur unnütze Ausgaben machen.

140. Filtrirmaterial. — Zur Ausfüllung der Rinnen nimmt man zerschlagene Steine, Rollkiesel, Kies und selbst jedes andere feste Material, das sich im Wasser nicht auflöst und sich nach den erforderlichen Dimensionen bearbeiten lässt.

Die Anwendung der Kiesel ist oft vorzuziehen, denn sie sind leichter zu handhaben; sie enthalten im

Allgemeinen minder erdige Stoffe und der Preis derselben ist gewöhnlich nicht bedeutend. Macht man Gebrauch von zerschlagenen Steinen, so müssen sie sorgfältig gereinigt werden und eine so regelmässige Grösse haben, dass sie durch einen Ring von 0m05 bis 0m06 passiren können. Uebrigens können sie von den Trümmern der Steinbrüche genommen werden, und man bedient sich ihrer ohne zu viele Nachtheile, wenn sie eisspaltig und von mittelmässiger Beschaffenheit sind, wenn man sie nur gehörig reinigt.

Der Kies kann streng genommen den Kiesel oder den zerschlagenen Stein ersetzen, obgleich er ausser andern Nachtheilen den hat, dass die Rinne aus Ziegeln zu dicht ausgefüllt wird; seine Anwendung ist aber die vortheilhafteste, wenn gleichzeitig mit sehr starken Durchsickerungen die wasserführende Schicht aus Sand von geringer Widerstandsfähigkeit besteht.

In den Einschnitten von Villeneuve und de la Vinoterie (Linie Mühlhausen) führte uns der hohe Preis der zerschlagenen Steine auf die Idee zu den Auswässerungsarbeiten Schlacken von den Hüttenwerken von Villeneuve und Vendeuvre zu verwenden. Dieses sehr poröse und sehr leichte Material erfüllt den beabsichtigten Zweck sehr gut; wenn es gehörig durchgesiebt wird, so erreicht man damit selbst bessere Resultate als mit zerschlagenen Steinen.

141. Rasen. — Da der Rasen nur die Bestimmung hat, die durchdringlichen Materialien, womit die Rinnen bedeckt werden, provisorisch festzuhalten und ihre Mischung mit der Erde der Verkleidung zu verhindern, so muss er von guter Qualität sein. Seine Stärke beträgt 0m05 bis 0m08.

Manchmal bedient man sich statt des Rasens des Strohes, des Mooses und selbst dünner Lehmplatten; die Anwendung des Rasens ist aber immer vorzuziehen, und nur dann muss man zu andern Mitteln greifen, wenn die Kosten für den Ankauf und den Transport zu hoch sind. Uebrigens findet man nicht immer Lehm, welcher die erforderlichen Eigenschaften hat, und in der Nähe des Bauplatzes keine hinreichende Quantität von Moos. Stroh ist das am wenigsten zweckmässige Material zur Ueberdeckung der Rinnen, wenn es nicht so präparirt ist, wie es in §. 192 gezeigt wird.

142. Arbeitslohn. — Der Arbeitslohn zur Anlage der Rinnen besteht aus der Erdarbeit, der Maurerarbeit, der Ausfüllung der Rinne und der Rasenvorkleidung.

143. Erdarbeit. — Das Graben der Rinnen muss nach der in Fig. 89 angegebenen Form ausgeführt werden. Die Dimensionen des Rechteckes $BCDE$ hängen von der Grösse der zu verwendenden Ziegeln ab; das Prisma $GABC$ dient zur Festigung der Rinne und das Banquett AB muss gerade so breit sein, dass die Arbeiter darauf gehen können, gewöhnlich 0m15. Die Linie FD ist im Allgemeinen senkrecht, ihre Höhe hängt natürlich von der Breite AE und mehr noch von der Entfernung BE ab, da die Breite AB stets beinahe unveränderlich ist. Indessen müssen die durchdringlichen Materialien der Rinne die Durchsickerungen ganz bedecken; man ist genöthigt, die Ausdehnung der senkrechten Linie FD zu vergrössern, wenn die Höhe der Durchsickerung grösser ist als diese Linie; das Ausgraben der Rinnen wird dann verändert wie in Fig. 90.

Damit die Röhren allen Krümmungen der Durchsickerungsschichten folgen können, muss derjenige, welcher die Auswässerungsarbeiten eines Einschnittes leitet, vorher mittels eines Spatens, vorzugsweise aber mit einer Maurerkelle, auf der Oberfläche der Böschung im voraus eine recht tiefe und ununterbrochene Linie ziehen, welche dem Arbeiter die verschiedenen Höhen des Banquetts AB (Fig. 89) angibt. Diese Linie, welche die Kante A bestimmt, muss mit der untern Grenze der wasserhaltenden Schicht und in einer Entfernung von 0m04 bis 0m05 unter dieser Grenze parallel sein.

Die beiden Seitenziegeln einer Rinne werden gewöhnlich unter einem Winkel von 45° aufgestellt; es ist daher leicht im voraus die der Rinne zu gebende Breite zu berechnen; bei eigens geformten Ziegeln beträgt diese Breite 0m20. Was die Höhe BC des Rechteckes $BCDE$ (Fig. 89) betrifft, so ist sie bei denselben Ziegeln 0m13, damit bei D (Fig. 91) ein hinreichender Raum verbleibt, um dem ersten Rasen der Bedeckung der Rinne einen festen Stützpunkt zu geben.

Fig. 94 ist ein senkrecht auf die Böschung gezogener Querdurchschnitt nach AB der Hülfsrinnen, welche den Zweck haben, das von den ordentlichen Rinnen gesammelte Wasser aufzunehmen, um es direkt in die Eisenbahngräben zu führen. Ihre Konstruktion bietet, wie man sieht, nichts Besonderes.

Wenn man eine Böschung mit hohlen Ziegeln austrocknet, so ist das Ausgraben der Rinnen denen gleich, welche für die Anwendung von flachen Ziegeln vorbereitet worden sind. Die Linie AB (Fig. 97) wird dann nach der Ziegelkrümmung abgerundet; indem man der Rinne eine rechtwinklige Form gäbe, wie in dem vorhergehenden Falle, würde man den Kubus des Abtrages unnützer Weise vermehren und man würde genöthigt sein, eine zu grosse Quantität Mörtel zu verwenden. Die Regulirung muss aber dann mit besonderen Werkzeugen mit der grössten Sorgfalt geschehen, so dass der Maurer beim Versetzen der Ziegeln nur die möglichst kleinste Quantität Erde wegzunehmen hat.

144. Mauerwerk. — Nachdem man in die Abzugsrinne $BCDE$ (Fig. 89) eine Mörtelschicht gelegt, versetzt man die Ziegeln wie in Fig. 91 und sieht darauf, dass die Fugen der schrägen Ziegeln mit der Mitte der flachen eine Sohle bildenden Ziegel korrespondiren.

Da es von grosser Wichtigkeit ist, dass alles Wasser einer Durchsickerung in die Rinne fällt, so muss der obere Theil des Ziegels, der sich unter der Durchsickerung befindet, zur grössern Sicherheit 0^m05 tiefer gelegt werden als die wasserführende Schicht, auch muss er in die Erde auf eine Tiefe eingelassen werden, die seiner Stärke gleich ist. Das Wegnehmen des kleinen Dreieckes, wo dieser Ziegel eingelassen ist, wird früher von dem Maurer selbst besorgt, der sich zu diesem Zwecke der Kelle bedient, um diesen kleinen Abtrag mit aller möglichen Sorgfalt zu machen.

Das Mauerwerk aus hohlen Ziegeln geht schneller vor sich als bei flachen Ziegeln, wenn die Richtung der wasserführenden Schichten nicht zu unregelmässig ist; wenn aber die Rinnen Kurven mit kurzem Halbmesser beschreiben, um allen Krümmungen der Durchsickerungsschichten zu folgen, oder wenn es sich darum handelt, sie unter sich in Korrespondenz zu setzen, so findet man viele Schwierigkeiten, um die Länge der Ziegeln zu verringern oder sie so abzuschneiden, dass sich zwei aneinander stossende Ziegeln zweckmässig verbinden.

Offenbar würde man an Mörtel sparen, wenn man statt der flachen Ziegel hohle Ziegel nähme, wenn die Ausgrabungen sehr regelmässig ausgeführt würden, und wenn die Breite der Rinne an der Banquettseite durch die Passage der Arbeiter und an der entgegengesetzten Seite durch die Wirkung des Wassers nicht eine grössere würde. Hat man gewöhnliche Ziegel oder besonders geformte Ziegel, so vermehrt oder vermindert man mit Leichtigkeit die Breite der Auswässerungsrinne, indem man die Ziegel neigt oder sie auf die Seite stellt; bei den hohlen Ziegeln aber kann die grössere Breite der Rinnen nur mit Mörtel ausgefüllt werden, und es ist oft sehr schwierig, diese Ziegeln unterhalb der Durchsickerungen gehörig einzulassen, wenn das Terrain in Folge des Durchflusses des Wassers beschädigt worden ist.

Man beginnt mit der Anlage der Auswässerungsrinnen immer an den höchsten Punkten, denn es wird dann der Maurer von dem von oben herabfliessenden Wasser nicht belästigt, während er im entgegengesetzten Falle auf sehr feuchtem Boden arbeiten müsste und der Mörtel stets sehr weich sein würde, wenn man es nicht möglich machen kann, das obere Wasser von der Baustelle abzuleiten.

Die Verfugung der Ziegeln muss mit dünnem hydraulischen Kalk vollendet werden, den man über die ganze innere Fläche der Rinnen vergiesst, bevor das Füllmaterial eingelegt wird.

145. Steinwürfe. — Die Ausfüllung der Auswässerungsrinnen geschieht wie beim Mauerwerk an den höchsten Punkten, weil dann die Vollendung der Rinnen um so schneller erfolgt, da der Transport der Steine und die Bekleidung der Rinnen gleichzeitig mit der Maurerarbeit erfolgen kann. Ausserdem ist zu bemerken, dass die Materialien, die man in die Ziegelrinnen wirft, gehörig gereinigt sein müssen, da ihnen meistens erdige Theile anhängen, welche sich auf der Sohle der Rinnen als Staub ablagern. Macht man die Ausfüllung nach abwärts, so werden diese erdigen Theile vom Wasser sofort mitgespült und das Abziehen derselben kann erleichtert werden, was unmöglich wäre, wenn man bei dem Einlegen der Materialien einen entgegengesetzten Weg befolgen wollte.

Das Ausfüllen der Rinnen ist mit keinen Schwierigkeiten verbunden; nur darf man bei Anwendung von Kieseln oder zerschlagenen Steinen diese Materialien nicht aus einer zu grossen Höhe fallen lassen, um das Zerbrechen der Ziegeln und die Beschädigung der Rinnen zu vermeiden. Die wichtigste zu gebrauchende

Vorsicht ist die, auf die Sohle der Rinne stets die grössten Stücke mit der Hand zu legen, damit dem Wasser ein grösseres und leichteres Abflussvolum geboten wird und die Rinnen weniger den Verstopfungen ausgesetzt sind.

Die Quantität der zu verwendenden Materialien hängt von der Grösse der Ziegeln und der Höhe der Durchsickerung ab; der Punkt D der Linie DC (Fig. 91) wird bestimmt durch den obern Rand des Ziegels, und der Punkt G muss sich immer beiläufig 0^m10 über der obern Grenze der Durchsickerung befinden.

Der Transport der Materialien geschah ehemals mit der Karre, auf welche Methode man aber bei der Schwierigkeit, auf den Banquetten der Rinnen ohne sie zu beschädigen Karrenpfade anzulegen, Verzicht geleistet hat; dann hat man sich der von zwei Menschen getragenen Körbe bedient; es werden auf diese Weise die Banquette der Rinnen nicht bedeutend beschädigt und die Ausfüllung geschieht auf eine sorgfältige Weise; die Weidenkörbe werden aber leicht zerstört, es ist daher vortheilhafter die Transporte durch Tragbahren zu bewirken, welche sich nicht so leicht abnutzen und eine Beschleunigung des Transports gewähren.

Das Herbeischaffen der Materialien mittels der Butte ist gewiss am vortheilhaftesten, denn die Arbeiter begehen die Böschungen, wenn sie sich eines Stockes bedienen, nach allen Richtungen viel leichter. Die einfachen Weidenbutten aber haben wie die Körbe den Uebelstand der schnellen Beschädigung, was auf die Idee geführt hat sie innerhalb mit Blech zu verkleiden, doch werden sie dann zu schwer, sind aber zum Transport des Mörtels sehr gut zu verwenden.

146. Verkleidung der Auswässerungsrinnen. — Obgleich man zu Verkleidungen der Rinnen Rasen von mittelmässiger Qualität verwenden könnte, so muss man doch so viel als möglich diejenigen aussuchen, welche nicht zu viel Wurzeln haben und durch den Transport und die damit vorzunehmenden Manipulationen brechen könnten; auch ist es sehr vortheilhaft sie zu verwenden, bevor sie zu stark ausgetrocknet sind. Unter diesen Bedingungen werden die Verkleidungen immer besser ausgeführt werden und der Arbeitslohn wird viel geringer sein. Schlechte Rasen darf man nur dann anwenden, wenn gute nur in zu weiter Entfernung oder gar nicht zu haben sind. Der Rasen wird auf den Steinwurf der Rinnen flach mit der Grasfläche nach unten verlegt; um sie zu befestigen und die Fugen gehörig zu schliessen, müssen sie sorgfältig geschlagen werden.

Wenn die undurchdringlichen Schichten, worauf die Rinnen angebracht sind, aus kompaktem Thon bestehen, so kann die Verkleidung aus dünnen Lehmplatten hergestellt werden, die man mit einer Schaufel schneidet und sie unmittelbar auf den Steinwurf legt. Zu diesem Zweck ist es aber auch erforderlich, dass die Oberfläche der Böschung nicht zu ausgetrocknet sei, und es sind solche Verkleidungen nur im Winter nützlich, es sei denn dass die Verkleidung der Böschungen in einer so kurzen Zeit vollendet worden wäre, dass die Trockenheit die Lehmplatten nicht in Staub verwandeln kann.

Es kann vorkommen, dass man eine Böschung im Winter auswässern soll und dass die beiden vorstehenden Mittel durch den Frost unpraktisch gemacht werden. Dann tritt der Fall ein, dass man Stroh verwenden muss, das man nach der Breite der Rinnen über den Steinwurf legt und es provisorisch auf den Böschungen mittels einer Schicht von 0^m05 bis 0^m06 Stärke befestigt.

147. So weit es nur möglich ist, muss man bei jeder Durchsickerungsschicht eine Rinne legen; sollten aber zwei oder mehrere, wenn gleich sehr verschiedene Durchsickerungen nur durch geringe Entfernungen getrennt werden, so dürfte es manchmal der Solidität der Böschungen nachtheilig sein, unter jeder von ihnen eine Rinne zu graben. Wenn z. B. die Distanz zwischen den Durchsickerungen weniger als 0^m40 bis 0^m50 beträgt, so ist es vorzuziehen und selbst nothwendig, in Betreff der Festigkeit der Böschung und besonders der Kostenersparung, eine einzige Rinne zu graben, indem man die Ausgrabung und den Steinwurf wie in Figur 98 ausführt, dabei aber, wenn es stattfinden kann, die Dimensionen der Ziegeln grösser annimmt, damit der kubische Raum der Rinne im Verhältniss steht zu dem Volum des Wassers, das darin aufgenommen werden soll.

Für den Fall einer allgemeinen Durchsickerung hat die Auswässerung einer Böschung keine grösseren Schwierigkeiten, die Rinne wird über der undurchdringlichen Schicht angelegt, und der mit Rasen be-

deckte Steinwurf wird bis über die obere Grenze der Durchsickerung verlängert wie in Fig. 98.

Wenn die undurchdringliche Schicht tiefer läge als die Sohle der Eisenbahngräben, so würde es genügen von der Sohle der Steinwürfe (Fig. 99) an einen einfachen Steinwurf zu legen und ihn über dem Banquett *A B* durch eine Rasenverkleidung zu halten. In diesem Falle würde eine Rinne an dem untern Theil des Steinwurfs gar keinen Nutzen verschaffen, da der mit Steinwurf versehene Graben zum Abfluss des Wassers sehr hinreichend wäre.

148. Es können solche Umstände eintreten, dass die Form und die gewöhnlichen Anordnungen der Auswässerungsrinnen beträchtlich modifizirt werden müssen. So musste der Steinwurf in dem Einschnitt de la Montagne (Linie Mühlhausen) durch ein Mauerwerk von Bruchstein und hydraulischem Kalk unterstützt werden. Das Terrain dieses Einschnittes zersetzte sich bei der Berührung der Luft und des Wassers mit einer solchen Geschwindigkeit, dass die hinter *A B* (Fig. 99 bis) gelegene Erde nicht die geringste Festigkeit mehr hatte und dass sie fortwährend in senkrechten mehr oder minder starken Schichten in den Graben fiel. Man ersetzte die Rasenverkleidung durch ein kleines Mauerwerk, weil ein durch eine einfache Rasenverkleidung gehaltener Steinwurf nicht hinreichend gewesen wäre, die zersetzte Erde jenseits *A B* bis auf eine gewisse Tiefe zu halten.

Ein ähnlicher oder gleicher Fall kommt selten vor, und sollte es sich ereignen, dass man gezwungen wäre die Form der Rinnen zu modifiziren, so muss man sich bei der Anlage derselben immer an die Grundsätze halten, welche im Verlauf unserer Abhandlung entwickelt worden sind.

2. Verkleidungen:

149. Die Verkleidungen werden mit vegetabilischer Erde, mit Rasen oder Mauerwerk ausgeführt; da jede dieser Methoden besondere Vortheile darbietet, so hängt der Vorzug, den man von einer jeden erwartet, im Allgemeinen von der Beschaffenheit der Erde, der Neigung der Böschungen und der Preise der Materialien ab.

150. Erdverkleidungen. — Bei thonhaltigen 1¼ bis 1½ füssigen Böschungen sind die besten Verkleidungen diejenigen, welche man durch das Stampfen einer 0m30 starken Schicht Erde erhält, welche bei der Berührung mit Wasser nicht flüssig wird; sie sind ökonomischer und schützen die Böschungen vor den Wirkungen des Regens und des Frostes am besten. Bei sorgfältigem und gleichmässigem Stampfen müssen die Erdverkleidungen so undurchdringlich als möglich werden; aus diesem Grunde kann man sich kaum eines andern Materials bedienen als der vegetabilischen Erde und des sandigen Thones.

Man wendet allgemein vegetabilische Erde an, weil man sie beinahe immer in der Nähe der Bauplätze findet und weil man sich solche mit Vortheil verschaffen kann, wenn man die aus dem Abtrag der Einschnitte gewonnene bei Seite schafft. Die Terrains dieser Art haben alle die Eigenschaften, welche zur Herstellung guter Verkleidungen nothwendig sind, ausserdem, dass sie der Vegetation sehr günstig sind, gewinnen sie durch das Stampfen einen hinreichenden Grad der Undurchdringlichkeit, und das Thauwetter äussert auf diese Erdreiche keine schädliche Wirkung.

Der thonhaltige Sand liefert dieselben guten Resultate, und wenn bei dieser Erdart die Besamung nicht gänzlich gelingt, so ist dagegen der Arbeitslohn sehr gering. Mit einem höhern Kohäsionsgrad begabt, besitzt der thonhaltende Sand weniger Elastizität als die vegetabilische Erde und stampft sich daher viel besser, ausserdem und aus demselben Grunde bildet er eine dichtere und undurchdringlichere Schicht und die Senkungen sind in der Folge viel schwächer.

Die mittlere Stärke der Verkleidungen ist 0m30; sie ist gleichförmig bei den Böschungen, welche 1½ füssig und einfüssig sind; nähert sich diese Neigung einer 1¼ füssigen Böschung, so ist es vorsichtig, um die Beschädigungen an der Oberfläche der Verkleidungen zu vermeiden, und um ihnen gleichzeitig mehr Festigkeit zu verschaffen, dass man ihnen am Fusse der Böschung eine grössere Stärke und an der Krone eine geringere gibt, z. B. 0m35 und 0m25, was also eine mittlere Stärke von 0m30 ausmacht.

Es ist wesentlich zu bemerken, dass die Verkleidungen, welche zum Schutze der Böschungen gegen die atmosphärischen Einflüsse bestimmt sind, in Bezug auf Festigkeit so konstruirt sein müssen, dass sie an und für sich vor Einstürzen gesichert sind, und man kann in dieser Beziehung nicht genug Aufmerksamkeit auf die Wahl der Erde, auf die gute Ausführung

der Arbeiten und auf die zweckmässige Anordnung der Verkleidung verwenden. Bevor man das Stampfen beginnt, ist es nothwendig, am Fusse der Böschung eine Art von Banquett *AD* (Fig. 100) herzustellen, dessen Bestimmung es ist, dem Ausrutschen der Verkleidungserde vorzubeugen und dessen Neigung zwischen 0m10 und 0m20 pro Meter variirt.

Ehemals bestanden die Verkleidungen aus drei gestampften Schichten, die nach Figur 101 aufgetragen wurden; wenn man aber berücksichtigt, dass durch Stampfen die Erde nach der ganzen Stärke der Schicht niemals gleichmässig zusammengedrückt werden kann, so ist es leicht begreiflich, dass nach *ab* und *CD* glatte und zu regelmässige Flächen existiren mussten, welche so zu sagen die drei Schichten unabhängig voneinander machten, und dass die letzteren *C'* und *C''* nur wenig Festigkeit haben. Der Regen zerstörte die auf diese Art konstruirten Böschungen sehr schnell; das in die gestampfte Erde eindringende Wasser zirkulirte vorzugsweise nach den Flächen *ab*, *cd*, bewirkte leichter das Erweichen dieser Erde und verminderte den Zusammenhang zwischen den Verkleidungsschichten.

Die Verkleidungen von Erde, die an horizontalen oder vielmehr etwas in der entgegengesetzten Richtung der Böschungen geneigten Schichten von 0m10 bis 0m15 Stärke gestampft werden (Figur 122 und 126) haben keinen dieser Uebelstände, denn die Erde wird dann gleichmässiger komprimirt, und wenn die Schichten anfänglich voneinander verschieden sind, so liegen sie doch fest übereinander und durch das Stampfen vereinigen sie sich bald miteinander.

So viel Sorgfalt man aber auf die Konstruktion der Verkleidungen anwenden möge, so ist es doch nicht möglich, sie gänzlich undurchdringlich zu machen. Das Regen- oder Schneewasser dringt bis zum natürlichen Terrain ein, wenn auch in geringen Quantitäten, jedoch manchmal so reichlich, dass die gestampfte Erde am Fusse der Böschungen erweicht.

Wenn die Verkleidungen aus vegetabilischer oder leichter Erde ausgeführt sind, ist es also rathsam am Fusse der zu bedeckenden Böschung eine Auswässerungsrinne anzulegen, welche bei starken Regengüssen oder Thauwetter bestimmt ist, das Wasser aufzunehmen, das zwischen dem natürlichen Terrain und der gestampften Erde herunterläuft (Fig. 103). Um die gestampfte Erde mit dem natürlichen Erdreich so gut als möglich zu verbinden, ist es zweckmässig, vor der Ebnung einer jeden Schicht einen Absatz von nur 0m05 bis 0m06 Stärke in dem natürlichen Terrain anzulegen (Fig. 102). Wir haben seit langer Zeit aufgehört, vor dem Beginn der Verkleidungen Absätze von 0m20 Tiefe in den natürlichen Terrains anzulegen, wie sie in den Memoiren von Sazilly angegeben sind und welche auch den Zweck hatten, die Festigkeit der Verkleidungen zu vergrössern. Indessen, wenn man beobachtet, dass diese Absätze nach der ganzen Höhe der zu verkleidenden Böschung gemacht werden müssen, bevor das Stampfen beginnt, dass folglich der Einfluss der Trockenheit lange genug dauern kann, um Risse hervorzubringen, welche die zwischen zwei Absätzen enthaltenen und durch die innern Winkel *a* jedes Einschnitts verbindende Linie (Fig. 11 und 101) abschliessenden Prismen mehr oder minder ganz isoliren, dass das Wasser, welches, wie vorher bemerkt wurde, durch die eingestürzte Erde eindringt, nach dem Längengefälle der Absätze nur sehr langsam abfliessen kann, so hat man alle Veranlassung zu der Besorgniss, dass die Feuchtigkeit die thonhaltende Erde dieser isolirten und manchmal vorher schon etwas zersetzten Prismen erweiche, und dass die durch die Senkung der Erde hervorgebrachte Bewegung keine glatte Rutschungsfläche nach der Linie *a a* (Fig. 101) erzeuge oder wenigstens, dass die Erweichung dieser Erde sie zu einer Widerstandsfähigkeit unfähig mache. Macht man also die Böschungen mit Absätzen, so läuft man Gefahr, Arbeiten auszuführen, welche für die Festigkeit der ersteren nachtheilig sind, und man macht unter allen Umständen unnütze Ausgaben.

151. **Banquettes.** — Wenn das Regenwasser aus einer etwas beträchtlichen Höhe auf eine Böschung fällt, so wird es dieselbe an ihrem Fusse ausspülen und wird die Ursache von mehr oder minder bedeutenden Beschädigungen werden, wenn man nicht die Vorsicht gebraucht, das Volum und die Geschwindigkeit mittels stufenweiser Banquette zu vermindern, welche bestimmt sind, das Regenwasser und die zersetzte Erde aufzunehmen, die durch die Strömung des Wassers mitgerissen wird.

Der zweckmässigste Abstand zwischen den Banquetten ist ungefähr 4 0; der beabsichtigte Zweck

wird bei einer grösseren Distanz nicht vollständig erreicht, und näher aneinander liegende Banquette erfordern ohne Nutzen eine grössere, manchmal bedeutende Erdabtragung, wie man aus der Vergleichung der Linien $ABC \ldots H$ und $AB'C' \ldots S$ in Figur 104 ersehen kann.

Aus denselben ökonomischen Rücksichten der geringen Erdabtragung geben wir den Banquetten keine grössere Breite als 1^{m}0, die wir auch auf 0^{m}80 reduziren, wenn die Böschungen keine grössere Höhe haben und hauptsächlich dann, wenn die Erde von der Art ist, das sie keiner Verkleidung bedarf. Wenn aber die Böschungen auf 0^{m}30 Stärke mit vegetabilischer Erde bedeckt sind, und sie haben eine $1\frac{1}{2}$ füssige Neigung, so beträgt die horizontale Stärke 0^{m}55 und das Banquett schneidet nur 0^{m}45 in das natürliche Terrain ein, welche Breite nicht zu bedeutend ist, weil es sehr gefährlich sein würde das Wasser zwischen das natürliche Terrain und die aufgetragene Erdmasse einfliessen zu lassen, was aber geschehen könnte, wenn man den Banquetten eine geringere Breite als 1^{m}0 gäbe.

Die Banquette sind nach der Richtung ihrer Breite horizontal oder geneigt. Im erstern Falle haben sie nur die Bestimmung die Geschwindigkeit des Wassers zu vermindern, ohne dessen Volum zu schwächen. Sie eignen sich nicht für die Böschungen mit Verkleidung; man gibt den Banquetten in diesem Falle ein Quergefälle von 0^{m}15 in entgegengesetzter Richtung von dem der Böschungen (Fig. 105), und zum schnellen Abfluss des in dem untern Winkel a sich sammelnden Wassers ein Längengefälle von 0^{m}02 bis 0^{m}03 pro Meter (Fig. 114). Dieses andere Gefälle wird so berechnet, dass sich das Wasser so geringe Zeit als möglich auf den Banquetten aufhält, und dass es daselbst keine Beschädigungen durch sein Volum und seine Geschwindigkeit verursachen kann, indem es zu den durch das Längenprofil gegebenen tiefsten Punkten abfliesst.

Trotz dieser Vorsichtsmassregeln und trotz einer noch so guten Unterhaltung lässt es sich nicht verhindern, dass die Banquette bei starken Regengüssen schnell beschädigt werden. Es ist daher nothwendig sie mit flachen Rasen ganz oder theilweise zu verkleiden (Fig. 105 und 106). Manchmal macht man diese Verkleidung von Mauerwerk, doch ist der Rasen immer vorzuziehen. Während ein Pflaster von Bruchstein oder selbst von Platten grössere Kosten erfordert, so ist es doch nur dann gut, wenn es in hydraulischem Mörtel gelegt wird; füllt man die Fugen bloss mit Erde aus, so erleichtert man den Uebergang des Wassers über den Lehm, was doch so viel als möglich vermieden merden muss. Dieser Uebelstand kommt bei einer gut ausgeführten und wohl erhaltenen Berasung nicht vor.

152. Man legt auch die Banquette manchmal mit einem Quergefälle von 0^{m}12 bis 0^{m}15 gegen die Einschnitte an, und zwar sollte dies in solchen Fällen immer geschehen, wenn zu befürchten steht, dass sich das Wasser zu lange auf den Banquetten aufhält, wie in Fig. 127, welche das Profil einer befestigten Böschung in dem Einschnitte von Grattery (bei Ronchamp, Mühlhausener Linie) darstellt. Damit ein zu bedeutender Abtrag vermieden werde, um dem Banquette dieses Einschnittes eine hinreichende Breite zu geben, so dass das Regenwasser gegen die gemauerten Vertiefungen über das natürliche Terrain abfliessen kann, hat man sich damit begnügt, über dem herbeigeschafften Erdreich mit Rasen belegte und gegen den Einschnitt geneigte Banquette anzulegen, so dass das schnell zu dem Fusse der Böschungen abfliessende Wasser die gestampfte Erde nicht auf eine den Böschungen nachtheilige Art erreichen kann. Die untere Böschung wurde nach starken Regengüssen etwas unterwaschen; doch wird dieser Uebelstand gänzlich verschwinden, wenn durch die Besämungen eine üppige Vegetation entstanden ist.

153. Mittelgräben. — Bei dem untern Zusammenstoss zweier entgegengesetzter Gefälle wird das Wasser in gemauerten Mittelgräben (cuvettes) aufgefangen, welche es direkt in die Gräben der Eisenbahn leiten. Wenn mehrere stufenförmige Banquette vorhanden sind, so versteht es sich von selbst, dass es nothwendig ist, auf ein und derselben zur Achse senkrechten Linie die untere Verbindung der entgegengesetzten Gefälle in Uebereinstimmung zu bringen.

Zur Konstruktion der Mittelgräben ist es unumgänglich nothwendig, Steine von guter Qualität zu verwenden, welche durch Nässe oder besonders durch Frost leiden könnten. Man bedient sich gewöhnlich der gespitzten Bruchsteine, deren Versetzung sehr

leicht ist und über welche das Wasser mit hinreichender Regelmässigkeit abfliesst. Nimmt man gewöhnliche oder schlecht behauene Bruchsteine, so werden die Mittelgräben den Uebelstand haben, dass das Wasser auf die Böschungen gespült wird und die regelmässige Bewegung desselben wird beständig die Beschädigung der Mörtelfugen veranlassen. In Bezug auf Solidität wären die behauenen Bruchsteine ohne Zweifel den letztgenannten zur Konstruktion der Mittelgräben vorzuziehen; dagegen ist der Arbeitslohn viel grösser, wesshalb man gewöhnlich dem Mauerwerk aus gespitztem Stein den Verzug gibt.

Zum Mauern der Mittelgräben gebraucht man gewöhnlich Mörtel aus hydraulischem Kalk und Flusssand. Die Verfugungen geschehen mit Zementmörtel, wenn man nicht sehr guten hydraulischen Kalk zur Verfügung hat. Ist der Kalk nur mittelmässig, so muss er für das eigentliche Mauerwerk ebenfalls durch Zement ersetzt werden, wenn man gezwungen ist, Mittelgräben in der schlechten Jahreszeit zu erbauen, besonders wenn sie ein grosses Volum Wasser abzuführen bestimmt sind.

Die gewöhnliche Form der Mittelgräben ist die in der Fig. 107, 108 und 109 dargestellte, auch zieht man manchmal eine abgerundete Form vor (Fig. 110), weil die Bewegung des Wassers regelmässig ist und die Gräben nicht so leicht beschädigt werden; dagegen ist natürlich der Arbeitslohn ein höherer. Die gewöhnlichen Mittelgräben erfordern im Allgemeinen wenig Unterhaltung, wenn man dafür Sorge trägt, die Steine wie in Fig. 107, 108 und 109, d. h. so zu bearbeiten, dass keine Fugen nach der Linie *CD* (Fig. 107) stattfinden, welche der Zusammenstoss aller Punkte *a* am Scheitel des Winkels *bac* (Fig. 109) ist.

Den Mittelgräben gibt man gewöhnlich eine Breite von 1^{m}0 bei 0^{m}30 Stärke. Die Breite kann auf 0^{m}80 vermindert werden, wenn die Mittelgräben nur zum Abfluss des Regenwassers dienen sollen, das bloss auf die Böschungen fällt; sollen sie aber gleichzeitig das Wasser aufnehmen, das über die Oberfläche des Bodens herbeiströmt, so dürfte man ihnen nicht weniger als 1^{m}0 Breite mit einer Tiefe von 0^{m}15 geben, folglich einen Querschnitt von 0^{m}075. Eine Breite von 1^{m}0 ist im Allgemeinen hinreichend.

Was die Stärke betrifft, so kann sie, da sie in der Mitte in Wirklichkeit nur 0^{m}15 beträgt (Fig. 109), nicht wohl vermindert werden; da sich aber die Kanten *b* und *c* in derselben Ebene befinden müssen als die Oberfläche der Verkleidung, und da es vor allen Dingen nothwendig ist, dass das Mauerwerk auf dem natürlichen Terrain stehe, so muss die Stärke der Mittelgräben natürlicher Weise wie die der Verkleidung zunehmen, wenn es sich ereignet, dass das zu bedeckende Terrain in Folge von Stürzen an der Oberfläche unregelmässig geworden ist.

154. Wenn die Böschungen eine geringe Höhe haben und folglich die in einem Mittelgraben abzuziehende Wassermenge unbedeutend ist, so wird der Ersatz des Mauerwerks durch Rasen in ökonomischer Beziehung an seinem Platze sein. Die Mittelgräben aus Rasen werden nach derselben Form konstruirt als die gemauerten; ihre Stärke kann nicht geringer sein als 0^{m}25 und ihre mittlere Breite ist im Allgemeinen 0^{m}40.

Die Rasen, welche an dem Orte ihrer Gewinnung regelmässig gestochen werden müssen, werden dann schichtenweise versetzt, und zwar normal auf die Neigung der Böschung (Fig. 111) und mit dem Grase unten; sie müssen mit grosser Sorgfalt gelegt und stark zusammengepresst werden, so dass sich die Fugen bei trockener Jahreszeit nicht öffnen können.

Die Mittelgräben aus Rasen werden durch das Ueberströmen des Wassers nicht beschädigt; nur dann geben sie gute Resultate, wenn sie ein Jahr oder zwei Jahre hindurch sorgfältig unterhalten werden; sie kosten aber weniger als die Mittelgräben aus Bruchstein und ersetzen diese sehr gut, wenn die Jahreszeit keine Ausführung des Mauerwerkes gestattet.

Wir haben auch unter ähnlichen Verhältnissen die gemauerten Mittelgräben durch hölzerne inwendig getheerte Rinnen ersetzt, welche denen ähnlich sind, die wir zur Trockenlegung der Aufträge verwendeten (Fig. 190, 191, 192). Diese Versuche sind vortrefflich gelungen; es haben diese Rinnen den Vortheil, dass sie verhältnissmässig sehr wenig kosten und mindestens beiläufig 10 Jahre dauern können, dabei aber fast gar keine Unterhaltung erfordern; auch ist damit noch der Vortheil verbunden, dass man sie fast in jeder Jahreszeit legen kann.

155. Die Banquette und die Mittelgräben sind nicht allein zum Schutze der Einschnitte vor den Re-

gengüssen bestimmt, welche auf die Oberfläche der Böschungen fallen, sondern sie dienen auch zum Schutze der Erde vor den Beschädigungen, welche durch das Ueberfliessen des Wassers entstehen, das bei Regengüssen über die Erdoberfläche strömt und über die Böschungen in die Einschnitte sich ergiesen.

Wenn das Gefälle des Terrains den Abfluss des Regenwassers gegen die Einschnitte begünstigt, so stellt man über der höchsten Böschung ein mit Rasen verkleidetes Banquett (Fig. 112) her, ähnlich denen, von welchen früher die Rede war; nur muss die Breite, welche kaum geringer sein kann als 1m0 wegen der Reichhaltigkeit des Wassers vermehrt werden, die man nach der Natur des Bodens und der Ausdehnung des Terrains, dessen gröstes Gefälle gegen die Einschnitte gerichtet wird, berechnet.

Das Längengefälle dieser Banquette, das man in Frankreich allgemein mit der Benennung „revers d'eau" bezeichnet, ist dasselbe wie das des Terrains, wenn die Neigung des Bodens gleich oder grösser ist als 0m015 pro Meter nach dem Rande der Böschung; ist aber das Terrain minder geneigt, so muss man dem Revers d'Eau Gefälle geben, welche denen der gewöhnlichen Banquette entgegengesetzt sind, und an den untern Verbindungen der entgegengesetzten Gefälle gemauerte oder aus Rasen bestehende Mittelgräben anlegen, die genau so konstruirt sind, wie wir gezeigt haben (Fig. 114).

Wenn das Regenwasser in tiefen Furchen fliessend am Rande der Einschnitte ankommt, so thut man gut, ganz einfach einen Mittelgraben (cuvette) aus Rasen rechts von jeder Feldrinne (Fig. 113) anzulegen, und in dem Falle, wo die Mittelgräben zu nahe aneinander liegen würden, beseitigt man einen grossen Theil ihrer Breite durch die Anlage eines Banquetts *ABC* (Fig. 114). Man muss wohl verstanden die Länge der Mittelgräben nur dann auf diese Weise vermindern, wenn eine Oekonomie damit verbunden ist.

156. Die Banquette der Revers d'Eau sind in allen Punkten den Umfangsgräben vorzuziehen; ihre Herstellung ist nicht kostspielig und ihre Unterhaltung ausserordentlich leicht; sie begünstigen in vollkommenem Masse einen schnellen, leichten und durchaus nicht gefährlichen Abfluss des Regenwassers. Die Umfangsgräben dagegen erfordern Mehrkosten für Erdarbeit, Regulirung und Unterhaltung; der Durchfluss einer gewissen Quantität Wasser gibt Veranlassung zu schwierigen und selten vollständigen Reparaturen, und um ein passendes Gefälle zu erhalten, ist man oft genöthigt, entweder Ländereien zu expropriiren, oder bis zur Tiefe der ersten undurchdringlichen Schicht Gräben anzulegen; sie haben im Allgemeinen und besonders in diesem letzten Falle alle die Uebelstände des stagnirenden Wassers nächst dem Rande der Einschnitte.

Die mit hydraulischem Mörtel gemauerten Umfangsgräben haben nicht dieselben Nachtheile als die Gräben mit Sohle und Böschungen, die entweder bloss in die Erde eingeschnitten oder selbst mit Rasen belegt sind; in diesem Falle aber kostet das Mauerwerk, wenn es gehörig ausgeführt werden soll, sehr viel und die Reinigung der Gräben erfordert immer eine bedeutendere Ausgabe als die Unterhaltung der Revers d'Eau.

Man könnte die Bemerkung machen, dass die Umfangsgräben während der Eröffnung der Einschnitte einen grossen Nutzen gewähren, und dass die Erdabtragung leichter und schneller zu bewerkstelligen ist, da das Regenwasser nicht über die Böschungen auf die Bahnlinie laufen kann. In dieser Beziehung sind die Umfangsgräben allerdings nützlich, was man nicht läugnen kann, und übrigens werden sie gewöhnlich nur dann eine Ursache des Einsturzes, wenn das Abtragen der Einschnitte beendigt ist; da aber die berasten Banquette vorzuziehen sind, warum kann man nicht die Gräben substituiren, selbst vor Eröffnung der Einschnitte, wie z. B. in Fig. 115; oder wenn man es liebt, provisorische Rinnen zu graben, warum könnte man sie in der That nicht nächst der Krone der Böschungen, jedoch innerhalb des angenommenen Profils, d. h. in den Theil des Einschnittes verlegen, welcher im Allgemeinen erst zuletzt abgetragen wird, wenn die Regulirung der Böschungen beginnen soll und folglich, wenn sie unmittelbar durch die berasten Banquette ersetzt werden können (Fig. 116)?

157. Steinverkleidungen. — Die Abzugsgräben der in Thonerde ausgeführten Einschnitte dienen zum Abzug des Regen- und desjenigen Wassers, das von den Auswässerungsrinnen herbeigeführt wird; sie müssen mit einer Verkleidung aus trockenen

Steinen geschützt werden, wodurch die Reinigung leichter gemacht und die Regelmässigkeit ihres Längenprefils gesichert wird.

Manchmal ist es zweckmässig, die ganze Fläche der Eisenbahngräben mit einer Steinverkleidung zu versehen; im Allgemeinen begnügt man sich aber die Sohle des Grabens und die äussere Böschung zu verkleiden; bei schlechtem Erdreich braucht man die andere Böschung nur mit Deckrasen zu belegen (Fig. 118).

Die Form der Versteinung ist sehr veränderlich; gewöhnlich wird sie auf die in den Fig. 117 bis 122 angegebenen Art ausgeführt.

Die Versteinungen mit senkrechter Mauer an der Bahnseite werden oft vorgezogen, weil sie eine Verminderung der Prefilbreite der Einschnitte gestatten. Wenn es indessen nicht anders gemacht werden kann, so ist es gut, über den Versteinungen ein Banquett von 0^m30 bis 0^m50 anzulegen, welches zur Stütze der zersetzten Erde der Böschungsflächen dient, auf das man den Schlamm von der Reinigung der Gräben werfen und auf das sich die Bahnwärter bei dem Durchgang der Züge stellen können, wenn der Ballast von kleinen Mauern gehalten wird.

Die Böschungen der Bahngräben erhalten gewöhnlich eine Neigung von 45°, so dass die Dimensionen der Versteinungen von ihrer Tiefe abhängen, welche gewöhnlich 0^m50 unter dem Planum der Eisenbahnen beträgt und nach unserer Meinung mehr als hinreichend ist, wesshalb wir sie auch bei den meisten Einschnitten auf 0^m35 reduzirt haben. Eine grössere Tiefe als 0^m50 führt zu einer Kostenerhöhung, welche durch nichts gerechtfertigt werden kann.

Die mittlere Stärke des Verkleidungsmauerwerkes beträgt 0^m25 und darf nicht geringer als 0^m20 sein; das zweckmässigste Mass ist 0^m30.

158. **Besämung und Pflanzungen.** — Die Besämungen sind ein grosses Schutzmittel gegen die Beschädigungen der Oberfläche, denn die Pflanzen bewahren die Böschungen mit ihren Blättern und Wurzeln undder Abfluss des Regenwassers durch die Stengel und Blätter findet in langsamerem Grade statt und berührt nur einen Theil der aufgetragenen Erde; von besonderer Wichtigkeit aber ist es, dass sich der Frost nur auf eine geringere Tiefe bemerkbar macht. Die Wurzeln, wenn sie die gehörige Länge haben und miteinander verflochten sind, genügen oft, um beträchtliche Massen von zersetzter und vom Regen etc. erweichter Erde zurückzuhalten.

Die Wahl der zum Schutze der Böschungen bestimmten Pflanzen hängt natürlicher Weise von der Beschaffenheit der Erde, manchmal aber auch von dem Klima und von der Lage gegen die Himmelsgegenden ab; im Allgemeinen gibt man denen den Vorzug, deren Wurzeln lang sind und tief in die Erde hineinwachsen; dahin gehören die Luzerne und die Quecke. Die Luzerne gedeiht in etwas thonhaltigem Erdreich, besonders an der Oberfläche der Böschungen, vorausgesetzt, dass dasselbe gehörig aufgelockert ist, unter welchen Verhältnissen sie ausserdem ein Erträgniss von Futter gewährt, das demjenigen gleich ist, welches man von derselben kultivirten Fläche erhält.

Die Quecke würde ebenfalls vortreffliche Resultate liefern, wenn man sie unter denselben Verhältnissen haben könnte als in jenem Erdreich, wo sie von selbst wächst. Damit sie aber und in gehöriger Zeit auf der Böschung wachse, muss sie in lockeren Boden gepflanzt werden, wie es weder gestampfte Erde noch natürliches Terrain sein kann; auch kann man sie nur vortheilhaft verwenden, wenn sie nicht zu sehr ausgetrocknet ist. Nur das ist zu bemerken, dass sie in jedem Erdreich wächst und dass sie diejenige Pflanze ist, welche die Luzerne unter Verhältnissen, wo diese nicht gedeihen will, am besten ersetzt.

Wenn die Jahreszeit keine Hoffnung bietet, dass die Luzerne oder die Quecke gehörigen Wachsthum erlangen können, um die Böschungen während des Winters gehörig zu schützen, so hat man oft seine Zuflucht zu Pflanzen aus der Familie der Gräser genommen. Dann muss die Saat, die man gewöhnlich mit dem Namen Heugras bezeichnet, aus verschiedenen Arten bestehen und in grosser Quantität über die Böschung gestreut werden, auf welche Art man beinahe sicher ist, in sehr kurzer Zeit eine genügende Vegetation entstehen zu sehen. Die Pflanzen dieser Familie aber, mit Ausnahme der Quecke, haben im Allgemeinen nur kurze Wurzeln und beschützen die Böschungen nur durch ihre Stengel und Blätter. Wir haben zur Besämung einer im Abtrage gelegenen Böschung die Saat wie agrostis stalenifère verwendet und wir haben uns daraus überzeugt, dass sie kaum ein

besseres Resultat gewährt als das gewöhnliche gut gereinigte Heugras.

Der Klee bildet manchmal eine gute Berasung; er gedeiht leichter als die Luzerne, hat aber den Uebelstand der Pflanzen mit kurzen Wurzeln. Man säet ihn manchmal mit Roggensaat, um ihn der Wirkung der Sonne oder des Regens zu entziehen, denn der Roggen und der Hafer verwahren diese Pflanze zuvörderst vor Trockenheit und zu grosser Feuchtigkeit, nehmen ihr aber gleichzeitig diejenige Quantität Luft und Licht, welche sie zu ihrem Wachsthum gebraucht.

Der Landwirth hat Recht, beim Bau der Luzerne und des Klees auf diese Weise zu verfahren; es ist aber zu bemerken, dass ihm der Roggen und der Hafer im Jahre eine gewöhnliche Ernte liefern und dass er auf das Erträgniss der Futterpflanzen erst auf die folgenden Jahre rechnet, während die Saat auf den Böschungen den schnellen und kräftigen Schutz der Erde gegen die Einflüsse der Trockenheit und der Feuchtigkeit, die hauptsächlichsten Ursachen der Beschädigungen an der Oberfläche, zum Hauptzweck hat.

Der Wegetritt (trainesse), zur Familie der Knöterich (Renouées) gehörig, bildet in kurzer Zeit einen dichten und gedrängten Rasen und schützt die Böschungen gegen den Regen und Frost sehr gut; doch sind die Wurzeln, obgleich sehr lang, nicht zahlreich genug und dehnen sich nur unter einem kleinen Theil der von den Blättern bedeckten Oberfläche aus; auch hat man davon nur dann eine Wirkung zu erwarten, wenn das Wachsthum auf den Böschungen von selbst erfolgt.

159. Die Pflanzung von Sträuchen, z. B. Akazie, Weide etc. können nur nach Verlauf von einigen Jahren zur Befestigung der Böschungen dienen. Man muss vorzugsweise die Arten wählen, welche in kurzer Zeit zahlreiche Wurzeln entwickeln, die sich nach der Tiefe und nach allen Richtungen ausbreiten. Die Wahl der geeigneten Arten hängt auch von der Natur des Terrains ab und kann nur von Sachkundigen getroffen werden.

160. Arbeitslohn. — Die zur Verkleidung der Thonerdböschungen auszuführenden Arbeiten sind offenbar weniger schwierig und komplizirt als die Austrocknungsarbeiten; nichts destoweniger verdienen sie gehörige Aufmerksamkeit wegen ihres Nutzens und besonders wegen der Oekonomie, die unter einer guten Leitung zu erreichen ist.

161. Verkleidung. — Wir sprachen bereits von der Wahl der zum Stampfen bestimmten Erde und es ist uns bekannt, dass diejenige, welche die nöthigen Eigenschaften zur Ausführung guter Bekleidungen hat, gewöhnlich in den oberen Schichten der Einschnitte gefunden wird. Es ist daher beim Abtragen der Erde vortheilhaft, an jeder Seite der Einschnitte eine gehörige Quantität derselben, wenn sie gut ist, für die Verkleidung der Thonböschungen bei Seite zu schaffen. Wenn aber das Erdreich der ersten durchdringlichen Schicht zum Stampfen geeignet ist und es existirt ein gehöriges Verhältniss zwischen ihrer Stärke und der Höhe der zu verkleidenden Böschung, so ist es einfacher und ökonomischer, in dem oberen Theile der Böschung (Fig. 124) die zur Verkleidung nothwendige Erde zu reserviren, indem man dem Profil des Prisma $ABCD$ eine hinreichende Fläche gibt, damit die aufbewahrte Erde so viel als möglich einen Kubus erhält, welcher dem des zu stampfenden Körpers korrespondirt.

Wenn man eine thonhaltende Böschung nach der Vollendung der Abtragsarbeiten befestigen soll und wenn man keine gute Erde für die Verkleidung bei Seite geschafft hat, so muss man seine Zuflucht zu Ausgrabungen in der Nähe der Bahnlinie (emprunts) nehmen; wenn aber die Entfernung für den Transport zu bedeutend ist, so ersetzt man die vegetabilische Erde oder den thonhaltigen Sand durch eine angemessene Mischung von Thon und durchdringlicher Erde.

Die verschiedenen Arbeiten, die man in ihrem Zusammenhange mit dem Namen Stampfen (Pilonnage) belegt hat, womit nur das Endresultat angegeben ist, bestehen: in dem Ausgraben der Erde, dem Transport, dem Planiren, dem Stampfen und der Regulirung der Böschungen.

162. Ueber das Ausgraben und den Transport der Erde lässt sich sehr wenig sagen, was aber die Planirung und die Regulirung der Böschungen betrifft, so werden einige Worte genügen, um zu zeigen, auf welche Art diese Arbeiten geleitet werden müssen, wenn es sich besonders um die Verkleidung der Böschungen handelt.

163. Planirung. — Damit jede der gestampften Schichten einer Verkleidung eine Neigung bekomme, welche derjenigen der Böschung entgegengesetzt ist (Fig. 126), muss man die Erde, wie in dieser Figur angegeben, ebnen (regaler), d. h., dass man der Schicht *a* an der definitiven Böschungsfläche *BC* eine viel grössere Stärke gibt. Nebenbei ist zu bemerken, dass die Absätze (redans), welche den Zweck haben, das natürliche Terrain mit der Verkleidungserde zu verbinden, vor der Ebnung jeder Schicht gemacht werden müssen. Das Abgraben dieser Absätze erfordert übrigens keine grossen Vorsichtsmassregeln; es wird schnell mit der Hacke bewirkt und die Einschnitte dürfen nicht tiefer sein als 0^m06 bis 0^m08.

164. Stampfen. — Zu dieser Arbeit bedient man sich häufig der hölzernen Stampfen (Fig. 128), deren Schwere von der Kraft der Arbeiter abhängt. Mit einem solchen Werkzeuge vermögen gute Erdarbeiter die Erde tüchtig zu komprimiren; meistens aber thut man Unrecht daran, zum Stampfen mittelmässige Arbeiter zu verwenden; ausserdem ist die Arbeit mit der Stampfe sehr ermüdend; schwache oder nicht sehr gewissenhafte Arbeiter begnügen sich, dieselbe etwas zu heben und sie von selbst fallen zu lassen, so dass ihre schwache und wiederholte Wirkung keine andere Folge hat, als die Glättung der Oberfläche einer jeden Schicht, und es ist desshalb sehr schwierig zu erkennen, ob die Erde gehörig gestampft ist.

Zum Stampfen der Verkleidungen von Thonerdeböschungen bedient man sich seit langer Zeit der in Fig. 129 u. 130 dargestellten Pritschen aus Eichen- oder Fichtenholz, gewöhnlich mit einem Gewicht von 3 Kilogr. Bei dem Gebrauch dieses Werkzeuges ist indessen zu bemerken, dass die Arbeiter dasselbe bis über ihren Kopf, also bis zu einer Höhe schwingen müssen, welche leicht zu bemessen ist. Die Arbeiter finden es leichter und weniger beschwerlich, wenn sie alle zu gleicher Zeit schlagen; sie folgen dabei der ihnen vorgeschriebenen Bewegung, und wenn es nothwendig ist, müssen sie durch eine grössere Geschwindigkeit des Schlägers die Wirkung noch vermehren.

165. Regulirung. — Da es wichtig ist, dass die Erde einer Verkleidung stark zusammengedrückt wird, so wird die Regulirung dadurch bewirkt, dass man jede Schicht in der Richtung der Böschung mit einer Pritsche stampft, wie sie in Fig. 131 und 132 dargestellt ist. Es ist leicht begreiflich, dass die nach zwei verschiedenen Richtungen (Fig. 126) gestampfte Erde nach der vollendeten Arbeit nur noch eine geringe Senkung erleiden kann. Manchmal aber müssen die Verkleidungen von gestampfter Erde zuerst mit der Hacke aus dem Groben bearbeitet werden, bevor man sie definitiv mit der Pritsche regulirt; dieser Fall tritt dann ein, wenn man zu leichte und zu trockene Erde und in der Nähe keine gehörige Wassermenge zur Befeuchtung hat; dann verstärkt man provisorisch die Dicke der Verkleidung nach der ganzen Höhe einer Böschung und die Regulirung macht man dann mit der Hacke wie bei einer gewöhnlichen Böschung. Auf diese Weise bleibt nur gehörig gestampfte Erde zurück, nachdem man die überflüssige Stärke der Verkleidung beseitigt hat.

166. Banquette. — Die Banquette müssen sorgfältig regulirt werden und zwar mit dem Schlägel bei gestampfter Erde, mit der Hacke bei natürlichem Terrain. Es ist bei dieser Gelegenheit zu bemerken, dass wir es für zweckmässig finden, dass man die Banquette vor dem Beginn der Verkleidungen nach der Form regulirt, die man ihnen auf den definitiven Böschungen geben will. Wenn die äussere Fläche der Verkleidungen parallel mit der des natürlichen Terrains ist, so haben die Banquette nach dem Stampfen die Breite, die man ihnen ursprünglich würde gegeben haben und man weiss, dass sie zum Theil auf dem natürlichen Terrain und zum Theil über der Verkleidung gebildet werden. Nun ist es vor allem nothwendig, dass das Wasser, wenn es auf den Banquetten fliesst, so wenig als möglich die gestampfte Erde berühre, denn es würde dann zu leicht zwischen die aufgetragene Erde und das natürliche Terrain dringen und könnte der Festigkeit der Verkleidungen nachtheilig werden. Auch darf man es niemals vernachlässigen, die Banquette so anzuordnen, dass das Wasser auf einer über dem natürlichen Terrain liegenden Rasendecke fliesse wie in Fig. 105 u. 106.

In der vierten Abtheilung der Mühlhausener Linie (von Troyes nach Chaumont) waren einige Einschnitte, bei denen man keine Befestigungsarbeiten vorausgesehen, mit horizontalen Banquetten regulirt worden. Als man später die Nothwendigkeit einsah, die Böschungen nach unserem System zu konsolidi-

ren, erachteten wir es für hinreichend, den Banquetten mittels guter herbeigeschaffter und gehörig gestampfter Erde ein passendes Gefälle zu geben (Fig. 125). Indessen war es auf diese Weise nicht möglich, am Fusse eines jeden Theiles der Verkleidung eine Rinne herzustellen, und das Regenwasser, das durch den gestampften Theil sickerte, bis zum natürlichen Terrain eindrang, und in die an den Banquetten durch das Sinken entstandenen Risse floss, unterhielt eine Feuchtigkeit, welche manchmal in Folge von Thauwetter oder grossen Regengüssen in so reichlichem Masse stattfand, dass dadurch bedeutende Senkungen entstanden, welche stets an jedem höchsten Punkt des Banquetts sich bemerkbar machten. Es erfolgte wohl keine Zerstörung der Verkleidungen, die Vermehrung der Kosten für Unterhaltung aber bewies, dass es vortheilhafter gewesen wäre, die Banquette auf dem natürlichen Terrain herzustellen, ungeachtet der Kosten, welche die nachträglichen Abträge erfordert hätten und trotz der Uebelstände, welche mit dem Transport der Erde auf einer schon in Betrieb stehenden Eisenbahn verbunden sind.

Das Längengefälle der Banquette ist, wie schon gesagt wurde, 0m02 bis 0m03 pro Meter; die Entfernung zwischen den Mittelgräben (cuvettes) ist natürlicher Weise sehr veränderlich; sie muss aber bestimmt sein, bevor die Regulirung der Banquette beginnt; gewöhnlich beträgt sie im Durchschnitt 50m0.

167. Berieselung der Banquette. — Diese Arbeit muss mit einer ganz besondern Sorgfalt geschehen und gewissermassen eine undurchdringliche Verkleidung bilden, welches Ziel man auch erreicht, wenn man Rasen von guter Qualität anwendet, der regelmässig gestochen und mit aller Vorsicht transportirt wurde. Wenn die Rasen nach der ganzen Länge eines Banquetts verlegt sind, so führt man mit aller Kraft vegetabilische Erde von möglichst gleichem Korne in die Fugen und stampft darauf die ganze berieselte Fläche, bis sie ganz eben und regelmässig geworden ist. Die Verbindung der Rasenstücke kann man besonders im Sommer durch Begiessen der Banquette noch fester machen, bevor man sie stampft.

Die Rasenarbeiten lassen sich im Frühjahr und im Herbst am besten bewerkstelligen, denn das Erdreich ist dann gehörig feucht, die Rasen lassen sich leichter und regelmässiger stechen und sind pressbarer, was den Vortheil hat, dass sich die Fugen fester schliessen; man kann sie sicherer verlegen, ohne dass sie durch das Stampfen der Banquette brechen; auch ist die Vegetation in diesen beiden Jahreszeiten so thätig, dass die Rasenstücke nach Verlauf von einiger Zeit durch die Wurzeln der Pflanzen verbunden sind, was alles derselbe Fall im Sommer nicht ist, denn trotz aller Bewässerungen trocknen die neugelegten Rasen schnell aus, und die Pflanzen gehen ihrem Absterben entgegen.

168. Gemauerte Mittelgräben (cuvettes en maçonnerie). — Hinsichtlich des Arbeitslohnes für diese Arbeiten, die aus Bruchstein ausgeführt werden, lässt sich nichts besonderes sagen, da hier dieselben Bemerkungen stattfinden als beim gewöhnlichen Mauerwerk.

169. Mittelgräben von Rasen. — Macht man diese Mittelgräben von Rasen, so muss man trachten, die eben angegebenen Mängel so viel als möglich zu vermindern; man kann sie dann solider und undurchdringlicher machen, und man vermeidet das Klaffen der Fugen, wenn man die Rasen schichtenweise verlegt und stets dafür Sorge trägt, die Fugenstösse scharf zu schneiden und jede Rasenschicht fest auf die untere Schicht aufzulegen. Uebrigens werden die Rasen zuerst nach der ganzen Höhe der Cuvette und in rechtwinkliger Form gelegt (Fig. 133), worauf man die dreiseitige Rinne ABC ausgräbt und den Rasen kräftig in diese Form presst.

170. Steinwürfe. — Bei der Ausführung derselben ist vor allem zu bemerken, dass man bei den kleinen geneigten Mauern, welche die Verkleidung des Fusses der Böschungen bilden, darauf sehen muss, dass die Fugen und leeren Räume so klein als möglich sind; man kann zu diesem Zweck Kies oder kleine Steine, die beim Behauen der Steine abfallen, verwenden. Die den Ballast stützende kleine Mauer muss sehr solid erbaut werden, um die Kosten der Unterhaltung zu vermeiden. Alle anderen Bemerkungen über diesen Gegenstand erachte ich für unnütz.

171. Besämung. — Es ist bekannt, dass die Vegetation ausserordentlich zur Befestigung der Böschungen beiträgt und es ist daher wichtig, nur solche Samen in Anwendung zu bringen, welche der Beschaffenheit und dem Zustande der zu besäenden Terrains zusagen.

Im Allgemeinen thut man Unrecht bei der Anlage der Eisenbahnen die verschiedenen Mittel zu vernachlässigen, welche in der Landwirthschaft eine grosse Rolle spielen, z. B. die Verbesserung des Erdreichs, der Dünger etc.; die Besamungen und Anpflanzungen, von welchen man gewöhnlich Gebrauch macht, sind nicht einfacher und haben keinen besseren Erfolg.

Damit der Wachsthum schnell gedeihe, thut man wohl daran, zu warten, bis die natürliche oder die gestampfte Erde durch die atmosphärischen Einflüsse getrocknet worden ist. Man ist aber häufig gezwungen die Besämungen gleich nach der Regulirung der Böschungen zu beginnen, damit die Saat ohne Zeitverlust alle günstigen Einflüsse geniesse, welche zur Entwicklung der Pflanzen nothwendig sind.

Die Art der Ausführung der Besämungen hängt gewöhnlich von dem Zustand der Erde an der Böschungsfläche ab; hat sie sich genug zersetzt (désagrégée), so braucht man die Sämereien nur regelmässig zu streuen, und sie mittels einer einfachen Ueberscharung, oder noch besser mit einer leichten Schicht vegetabilischer Erde zu bedecken. Wenn es sich darum handelt die Böschungen auf dem natürlichen Terrain oder auf neuerdings regulirten Verkleidungen zu besamen, so bringt man mit Vortheil die folgende Methode in Ausführung: Nachdem man auf den Böschungen mittels eines Grabscheits oder einer dazu geeigneten Hacke gerade senkrechte Einschnitte (Fig. 134 — 135) gemacht, streut man den Samen mit voller Hand ein wie bei einem Getreidefelde; die Saat bleibt an der Stelle liegen, wo sie niedergefallen ist, oder aber sie wird in den vielen Einschnitten gehalten, die man in die Böschung gemacht, dann wird sie mit einer Schicht vegetabilischer Erde von 0m03 bedeckt und die Arbeit wird beendigt, indem man die Böschungen etwas stampft, damit die senkrechten Einschnitte geschlossen werden und die vegetabilische Erde mit den besäeten Flächen in gehörige Verbindung tritt.

172. Quecken. — Beim Pflanzen der Quecken kann man auf ähnliche Art wie vorhergehend verfahren; vielleicht aber gelangt man eben so gut zum Ziele, wenn man die Wurzeln in die normal auf die Böschungsfläche angebrachten Löcher steckt. In dem Einschnitt von Sourbourg (Weissenburger Linie) haben wir es versucht die Quecke in der Art zu pflanzen, dass man zwischen jede gestampfte Schicht eine Lage Wurzeln legte, was eben keine sehr guten Folgen hatte; die in der Erde zu fest gedrängten Wurzeln verfaulten sehr schnell.

173. Bekleidung von Rasen. — Die Berasungen zur Verkleidung von Böschungen werden mit Deckschichten oder mit Kopfrasen ausgeführt. Im Allgemeinen verwendet man den Rasen statt der gestampften Erde nur in ganz ausnahmsweisen Fällen, wenn es sich um die Befestigung der im Abtrag liegenden Böschungen handelt. Eine Belegung mit Deckrasen kostet etwas weniger als eine Bekleidung von gestampfter Erde, schützt aber die Böschungen nicht so gut gegen die Wirkung der Regengüsse und Fröste. Eine Verkleidung aus Kopfrasen, sorgfältig ausgeführt, ist in der That solider, als eine gestampfte Erdschicht; die Herstellungskosten für einen Quadratmeter Kopfrasenverkleidung fallen aber viel höher aus als die für einen Quadratmeter Verkleidung aus gestampfter Erde.

Der Vorzug, den man der gestampften Erde vor den schichtenweisen Berasungen gibt, beruht also nur auf dem Kostenunterschied; es ist aber diese Differenz so bedeutend, dass sie durch die grössere Festigkeit der Rasenverkleidungen nicht ausgeglichen werden kann.

Der Durchschnitt der Kosten für die Verkleidungen von gestampfter Erde beträgt 1 Fr. 16 Cent. bei 175,883 Quadratmeter Böschung. Der Arbeitslohn von einem Quadratmeter Verkleidung aus Kopfrasen mit Einschluss der Entschädigung des Terrains, wo der Rasen gestochen wird, erhebt sich auf nicht weniger als 1 Fr. 29 Cent., wenn man gute Arbeiter hat, die mit 3 Fr. pro Tag bezahlt werden, und wenn folgende Sätze als Basis gelten.

Entschädigung für 1 Are (100 Quadratmeter) Terrain, wo der Rasen gestochen wurde = 15 Fr.

Nimmt man den Rasen zu 0m20 Länge, 0m25 Breite und 0m10 Stärke an, so kann man von einer Are inkl. Abfälle 1800 Rasen gewinnen; für das Stechen der Rasen nehmen wir 3 Arbeiter, für das Auf- und Abladen 2 Mann, 3 Karrenschieber für den Transport mit 3 Relais und mit 450 Zügen, wenn man zehn Rasen auf eine Karrenladung rechnet; pro Quadratmeter der Böschungsfläche rechnen wir 50 Rasen und

3 Arbeiter für das Wegnehmen und Legen der Rasen machen 25 Quadratmeter Verkleidung pro Tag. Nach den mässigsten Berechnungen also belaufen sich die Kosten für Arbeitslohn und Ankauf auf 1 Fr. 29 Cent. und rechnet man dazu die Kosten für Anlage der Banquette, der Cuvetten u. s. w., dieselben als für die Verkleidung von gestampfter Erde, so werden die definitiven Kosten 1 Fr. 57 Cent. betragen. Der Unterschied gegen die Verkleidung von gestampfter Erde beläuft sich also auf 41 Centimeter.

Diese Preiseinheiten gestalten sich bei der Verkleidung mit Deckrasen auf:

20 Rasen pro Quadratmeter Böschungsfläche.

1 Pflock von 0^m30 bis 0^m40 Länge pro Rasen. Die Pflöcke kosten pro Tausend 20 Francs.

Vier Arbeiter, die für das Wiederaufnehmen und für den zweiten Transport des Rasens bis zum Bauplatze, für das Legen und Einschlagen der Pflöcke bestimmt sind, können in einem Tage 60 Quadratmeter verkleiden.

Hiernach belaufen sich die Kosten für 1 Quadratmeter Verkleidung mit Deckrasen für die Böschungen im Abtrage auf 57 Centimes, ohne aber wie bei dem obigen Preise Rücksicht zu nehmen auf die Verkleidung mit Kopfrasen, auf die Konstruktion von Cuvetten, u. s. w., denn der durchschnittliche Preis des Quadratmeters gestampfter Erde allein beläuft sich nur auf 88 Centimes bei 175,883 Quadratmeter Böschung, und wenn die Einschnitte etwas tief sind, so werden die allgemeinen Anordnungen der mit Rasen verkleideten Böschungen dieselben sein, als wenn es sich um Verkleidungen von gestampfter Erde handelt.

Durch diese Bemerkungen wollen wir die Behauptung begründen, dass man unter gewöhnlichen Verhältnissen nur dann zu Kopfberasungen seine Zuflucht nehmen muss, wenn die Verkleidungen aus gestampfter Erde ungenügend sind; eine Kopfberasung kann unbedenklich bei einer Böschung von 45° ausgeführt werden. Bei einer so starken Neigung haben die Verkleidungen von gestampfter Erde nicht immer eine hinlängliche Festigkeit und die Unterhaltungskosten sind während eines Winters oder zweier Winter manchmal sehr bedeutend.

Der Arbeitslohn bei Rasenverkleidungen hat nicht so ernstliche Schwierigkeiten; man braucht die Rasen nur in horizontalen Schichten mit gehörigem Verbande zu legen. Man legt die Rasen mit der grünen Seite nach unten nach einem der Neigung der Böschung entgegengesetzten Gefälle (Fig. 136). Die Richtung dieses Gefälles wird so ziemlich durch die Halbirung des Winkels bestimmt, den die auf die Böschungslinie *A B* senkrechte Linie *a b* mit der horizontalen *a c* bildet; auf diese Art beträgt die normale Stärke der Bekleidung beiläufig 0^m20, wenn man Rasen von 0^m25 anwendet; eine Stärke, welche im Allgemeinen hinreichend ist.

Die Rasen werden mit der grünen Seite nach unten gelegt, damit es leichter ist, die Schichten besser zu reguliren; wollte man sie in entgegengesetzter Richtung legen, so würde man vielleicht das Eindringen von Regenwasser befördern, wenn man nicht dem Rasen eine horizontale oder eine etwas gegen den Einschnitt geneigte Richtung (Fig. 137) gibt; immerhin aber erscheint die erste Methode vorzüglicher zu sein.

Der Deckrasen wird im Allgemeinen nur angewendet, um die Beschädigungen an der Oberfläche der Böschungen zu verhindern oder die Verkleidungen im Winter zu repariren, wenn man bei einer zu starken Neigung ein zu leichtes Erdreich verwendet hat; aber selbst noch in diesem letzteren Falle muss man die Kopfrasenbekleidung vorziehen, wenn die Bekleidung auf mehr als 0^m10 Tiefe beschädigt worden ist.

174. **Verkleidungen aus Mauerwerk.** — Diese Methode ist in Bezug auf Solidität unstreitig die vorzüglichste und in dieser Hinsicht selbst den am besten ausgeführten Kopfrasenverkleidungen vorzuziehen; mit gemauerten Verkleidungen kann man die steilsten Böschungen stützen.

Wir dürfen indessen nicht aus den Augen verlieren, dass es sich hier nur um die Befestigung von thonhaltenden und wasserführenden Böschungen handelt, dass die Austrocknungsarbeiten nur bei einer passenden Neigung ausgeführt werden können, welche kaum 45° übersteigen darf, ohne die Anlagen der Rinnen sehr schwierig, wenn nicht unmöglich zu machen. Auch nimmt man nur selten seine Zuflucht zu solchen Verkleidungen, besonders zu den mit Mörtel hergestellten, durch die man aber doch manchmal eine bedeutende Kostenersparniss erreichen kann, indem der ganze Kubus der Einschnitte vermindert wird.

Die gemauerten Verkleidungen macht man gewöhnlich aus trocken versetzten Bruchsteinen bei 1½ bis 1 füssigen Böschungen; ihr einziger Vortheil gegen die übrigen Bekleidungsmethoden besteht also nur in ihrer grösseren Solidität; im Allgemeinen aber sind sie theurer als die Kopfrasenbedeckungen, denn man darf dafür kaum weniger rechnen als 3½ Francs pro Quadratmeter.

Bei der Konstruktion der aus trockenem Mauerwerk hergestellten Bekleidungen hat man besonders zu beachten, dass die Bruchsteine sehr fest miteinander verbunden werden, so dass alle Theile einer Bekleidung ein festes Ganzes bilden; auch muss man sie mit Durchbindern mauern und sehen, dass sie ein festes Auflager auf kleine Steine oder Kies erhalten, so dass die Fugen vollständig ausgefüllt sind und dass die Erde vor dem atmosphärischen Einfluss bewahrt wird.

Diese letztere Bedingung ist sicherlich eine der schwierigsten in der Ausführung und man darf kaum die Hoffnung hegen, dass die Böschungen sicheren Schutz vor Regengüssen und Frösten geniessen; gleichwohl ist unstreitbar, dass bei gleichen Kosten die gemauerten Verkleidungen den Vorzug verdienen.

Lehm. — Der Lehm ist, wie bereits gesagt wurde, eine Art sehr feinen Thones und ist merkwürdig durch die Leichtigkeit, mit der er bei der Berührung mit Wasser, hauptsächlich durch die Wirkung der Fröste, flüssig wird.

Die Arbeiten zur Befestigung der Böschungen in Einschnitten dieser Art unterscheiden sich wenig von denen, wie wir sie bei den in Thonerde ausgeführten gewöhnlichen Böschungen beschrieben haben; sie sind auch am Ende weder schwieriger noch komplizirter, erfordern indessen eine tiefer gehende Prüfung des Erdreichs und bei weitem mehr Sorgfalt in der Ausführung.

Eben so wie die anderen Erdarten zeigt sich der Lehm von sehr verschiedenen Seiten; manchmal findet man ihn beinahe rein und dann zeichnet er sich aus durch einen blassen, weisslichen oder aschenfarbigen Ton; oft ist er gemischt mit einer sehr grossen Menge von Sand, in welchem Falle er mit den thonhaltigen Sanden ähnlich sein kann. Ferner ist er von wasserführenden unregelmässigen Schichten durchzogen, welche Veranlassung zu Durchsickerungen von ausserordentlich veränderlicher Mächtigkeit gehen; oder aber man bemerkt auf der ganzen Höhe einer Böschung keine Spur von Feuchtigkeit.

Einstürze sind nicht zu fürchten, wenn der Lehm in starkem Verhältniss gemischt ist und man gar keine Zeichen einer Durchsickerung bemerkt; wenn aber diese Art von Thon fein, weisslich und von wässerigen Schichten geschnitten ist, so müssen die Böschungen vor den inneren Gewässern und den atmosphärischen Einflüssen sorgfältig geschützt werden.

176. Auszuführende Arbeiten. — Die wenige Gewissheit, welche die eingehendsten Untersuchungen über die Anzahl und die Grenzen der Durchsickerungen liefern können, führt darauf, die auszuführenden Austrocknungsarbeiten so zu behandeln als existire auf der ganzen Höhe der Böschungen eine allgemeine Durchsickerung.

Nehmen wir z. B. an, es handle sich um die Befestigung einer in Fig. 147 dargestellten Durchsickerung, so werden die Austrocknungsarbeiten bestehen in der Anlage dreier Entwässerungsrinnen *ABC* in dem innern Winkel jedes Banquetts (Fig. 148), aus einer Versteinung von 0m10 gleichmässiger Stärke der ganzen Böschungsfläche, und aus einer Bedeckung mit Deckrasen, die dicht aneinander gelegt und so angeordnet wird, als ob es sich um die Bedeckung der Steinbedeckung gewöhnlicher Rinnen handelte (Fig. 149). Ausserdem ist es nicht unnütz, andere Rinnen *def* unter jeder sichtbaren Durchsickerung (Fig. 148) anzulegen.

Die Bekleidungen werden von guter vegetabilischer Erde ausgeführt; ihre Stärke muss so berechnet werden, dass man, wenn man die Stärke des Steinwurfs und der Berasung dazu rechnet, eine totale Stärke von 0m30 erhält. Man darf es niemals vernachlässigen, sie durch eine Besämung von Luzerne, wenn man will mit etwas Heugras vermischt, zu beschützen.

Was die Banquette und die Mittelgräben (cuvettes) betrifft, so werden sie so angeordnet, als wenn es sich um gewöhnliches thonhaltiges Erdreich handelt; nur würde es in den im allerschlechtesten Lehm ausgeführten Einschnitten immerhin angezeigt sein, die Banquette nur in senkrechten Abständen von 3m0 von einem zum andern, ausser ihrer bis 0m80 und 0m75 betragenden Breite anzulegen.

Es ist unbestreitbar, dass die Böschungen bei Ausführung solcher Anordnungen vor jeder Gefahr

des Einsturzes gesichert sind, denn in dem Lehm kommen nur Einstürze der Oberfläche vor, wenn nämlich das Terrain rückwärts der Krone der Böschungen nicht durch Gräben oder selbst von Einfriedigungspfählen geschnitten ist; ist das Erdreich nicht zersetzt (désagrégées), so läuft das Wasser ohne Nachtheil über die Böschungsfläche. Wendet man daher passende Steine von sehr kleinen Dimensionen oder durchgesiebten Kies an, so würde man nicht wie bei dem thonhaltigen Terrain die Wirkungen des innern über das natürliche Terrain laufenden Wassers zu fürchten haben.

Die Versteinung, die Berasung und die gestampften Erdschichten machen zusammen die ganze Stärke aus, welche hinreichend ist, dass das natürliche Terrain vor dem Froste geschützt wird; die gestampfte vegetabilische Erde behält einen der Vegetation günstigen Feuchtigkeitsgrad bei, vorausgesetzt, dass die Rasenschicht sie etwas vor der Feuchtigkeit bewahrt, und dass die übrige Feuchtigkeit in die Versteinung dringt. Zu bemerken ist noch, dass die Solidität der Bekleidungen bei einer so geringen Stärke durch das Erweichen der vegetabilischen Erde niemals benachtheiligt wird, weil die übrige Feuchtigkeit in die Versteinung dringt; ferner, dass durch die unverhältnissmässige Vermehrung der Stärke der gestampften Erde deren Solidität vermindert wird, und zwar aus dem ganz einfachen Grunde, dass die drei Schichten Steine oder Kies, Rasen und vegetabilische Erde sehr wenig Zusammenhang unter sich und dem natürlichen Terrain haben, und dass man durch die Erhöhung des Gewichts der vegetabilischen Erde der gestampften Schichte die Summe der Widerstände, durch welche sich diese Erde auf den Böschungen erhält, nicht im Verhältniss erhöht.

In dem Falle, dass der Rasen zu selten oder zu theuer sein sollte, könnte man ihn noch ohne zu grosse Nachtheile und selbst mit Vortheil durch Strohbesticke ersetzen, wie in §. 192 gezeigt wird (Fig. 150).

177. Sandiges Terrain. — Da der Sand von Natur durchdringlich ist, so scheint es auf den ersten Anblick, dass sich die Durchsickerungen in solchen Terrains stets zunächst den undurchdringlichen Schichten befinden müssten, worauf sie liegen, und dass sie sich also von den gewöhnlichen Durchsickerungen nicht unterscheiden, dass folglich die Befestigungsarbeiten in solchem Falle nur wenige Schwierigkeiten bieten könnten; auch hat es bis jetzt, so viel wir wissen, kein Ingenieur unternommen, eine vollständige Beschreibung der Arbeiten zu liefern, welche zur Befestigung der Einschnitte unternommen wurden, die in sandigem Erdreich zur Ausführung kamen. Wenn man sich aber einige Beispiele vergegenwärtigt, z. B. den so oft besprochenen Einschnitt von Schantz (Weissenburger Linie), wo der Sand so beweglich war, dass die Erdtransportwagen vom Abend bis Morgen mit den provisorischen Bahngeleisen bis auf $^1/_4$ ihrer Radhöhe versunken waren, so muss man die Ueberzeugung gewinnen, dass die Uebelstände, welche durch die Einstürze in thonhaltigen Einschnitten entstehen, keine Aehnlichkeit mit den Schwierigkeiten haben, welche man bei der Befestigung der Böschungen in gewissen wasserführenden Sandarten begegnet.

Die Arbeiten zur Befestigung der sandhaltigen Terrains sind sehr verschiedener Art, je nachdem auf den Böschungen derselben Durchsickerungen existiren oder nicht.

Wenn der Sand grob, wenn er nicht vermischt ist und die erste untere undurchdringliche Schicht viel tiefer liegt als das Planum der Bahn in den Einschnitten (Fig. 138), so gibt es keine Durchsickerung. Ist dagegen der Sand sehr fein und durchzogen von thonhaltenden Bänken oder Sandstreifen mit verschiedener Durchdringlichkeit, so könnte eine mehr oder minder reichliche in allen Fällen stattfinden, wo eine sehr durchdringliche Schicht einer weniger durchdringlichen, selbst aus Sand bestehenden Schicht folgt.

Wenn also die Quantität des in dem Terrain AB (Fig. 139) enthaltenen Wassers nicht sehr schwach ist, so wird eine Durchsickerung stattfinden bei der Durchschneidung der Sandschichten DE und EF, eine andere zwischen den Schichten EF und FG und eine dritte zwischen FG und CH; die stärkste Durchsickerung wird über der thonhaltigen Schicht IJ stattfinden.

178. Trockener Sand. — Man entscheidet sich manchmal, die Böschungen in trockenem Sande zu befestigen, wenn der beim Vorüberfahren von Trains sich erhebende Staub den Maschinen nachtheilig ist und die Reisenden belästigt, besonders

aber, wenn Beschädigungen an der Oberfläche häufige Räumungen der Bahngräben (contre-fossés) nothwendig machen.

Die Befestigungsarbeiten bestehen dann in einer einfachen Bekleidung von gestampfter Erde, ausgeführt in der im Obigen beschriebenen Art, jedoch mit Weglassung der Banquette und Mittelgräben (cuvettes). Eine Bekleidung mit Deckrasen dürfte dann nicht hinreichend sein, denn der Rasen würde in sehr kurzer Zeit austrocknen und sich bald auf eine dünne Schicht vegetabilischer Erde reduziren, die sich wegen der grossen Beweglichkeit des Terrains, worauf sie liegt, auf den Böschungen nicht halten könnte.

179. Wässriger Sand. — Im wasserführenden Sande gehen die Einstürze nicht immer auf dieselbe Art vor sich; gewöhnlich sind die Durchsickerungen im Verhältniss zu dem Umfange der feuchten Oberflächen nur mittelmässig und geben nur Veranlassung zu Beschädigungen an der Oberfläche, so ziemlich den bei dem Lehm vorkommenden ähnlich; manchmal aber auch, wenn der Sand fein und rein und das innere Wasser reichlich ist, reissen sie den Sand mit ausserordentlicher Leichtigkeit fort und geben dann Veranlassung zu sehr bedeutenden Einstürzen.

Im ersten Falle führt man die Befestigungsarbeiten auf dieselbe Art aus wie beim Lehm, d. h. man trockne die Böschungen mittels eines allgemeinen Filters aus, ohne indessen die Anlage einer Rinne (caniveau) unterhalb der bedeutendsten und am deutlichsten wahrnehmbaren Durchsickerungen ausser Acht zu lassen; die Bekleidungen werden ebenfalls aus einer gestampften dünnen Schicht vegetabilischer Erde hergestellt, worüber Hougras, Klee und Luzerne gesäet wird. Die Banquette und die Mittelgräben sind nicht absolut nothwendig.

180. Beweglicher Sand. — Der Anblick des sandigen Erdreichs, das auf den Böschungen der Einschnitte vom Wasser leicht fortgerissen wird, rechtfertigt sehr gut die Benennung „beweglicher Sand“, womit man es gewöhnlich belegt. Die Einstürze erfolgen in diesem Falle sehr schnell aufeinander und ohne Unterbrechung; sie besitzen besonders eine sehr geringe Dichtigkeit, und man ist im Allgemeinen geneigt, ihren Umfang und ihre Tiefe zu übertreiben.

Die Arbeiten zur Befestigung der Böschungen sind bei solchen Verhältnissen von grosser Einfachheit in ihrem Zusammenhange, längnen kann man es aber nicht, dass man bei der Ausführung von Auswässerungsarbeiten auf ernste Schwierigkeiten stossen muss.

181. Austrocknungen. — Wir nehmen an, dass man eine in Fig. 140 dargestellte Böschung zu befestigen hätte, dass die Schicht AB aus feinem und reinem Sande bestehe, und dass das innere sehr reichliche Wasser eine ununterbrochene Bewegung der zersetzten und am Fusse des Einschnittes erweichten Erde veranlasse; die Einstürze nehmen immer zu an Volum und erhalten nach und nach die verschiedenen durch punktirte Linien in Fig. 140 angegebenen Formen, so dass sich mehr oder minder bedeutende Höhlungen unter der Schicht BC erzeugen, welche endlich einstürzt. Es liegt ganz anfänglich nicht in der Möglichkeit, über der undurchdringlichen Schicht eine Rinne anzulegen; der Abfluss des Wassers und die Bewegung der Erde verhindern sowohl das Ausgraben als das Ausmauern derselben; ferner kann man keine gewöhnliche Versteinung nach der Höhe der wasserhaltenden Schicht anlegen, weil sich die Steine und der Kies schnell mit dem beweglichen Sande verbinden, und weil eine solche Steinverkleidung, so stark sie auch sein möge, nicht die geringste Solidität hätte und den Fortschritt des Einsturzes nicht hindern würde.

Um in ähnlichen Fällen eine Böschung auszutrocknen, hat man dann zu folgendem Mittel seine Zuflucht genommen. Nachdem die eingestürzte Erde an dem obern Theil der wasserführenden Schicht auf etwa 1m0 Länge weggenommen, gräbt man schnell einen Absatz, worin unmittelbar eine mit Kies gefüllte Faschine gelegt wird; dieselbe Operation wird an der Seite nach und nach bis soweit vorgenommen, dass eine horizontale Reihe von Faschinen nach der ganzen Länge des Einsturzes gelegt worden ist; dann legt man eine zweite Reihe von Faschinen, demnächst eine dritte (Fig. 141) und sofort und immer auf dem festen Erdreich, bis man zum undurchdringlichen Terrain gelangt ist. Dann kann man anfangen den Auswässerungsgraben anzulegen, und zwar ziemlich mit denselben Anordnungen als bei den gewöhnlichen Arbeiten, jedoch mit Anwendung von grossen Ziegeln,

Es bleibt dann weiter nichts übrig als die Versteinung mittels einer Begrasung mit Deckrasen und die Verkleidung durch eine Schicht guter vegetabilischer Erde von 0m05 bis 0m10 Stärke zu vollenden (Figur 142).

Damit die Faschinen leicht zu transportiren und zu legen sind, gibt man ihnen gewöhnlich nur eine Länge von 0m80 mit einem mittleren Durchmesser von 0m25 (Fig. 143 und 144); sie werden aus feinen und biegsamen Zweigen auf Böcken angefertigt, wozu sich die Birke am besten eignet; indessen soll man den Ginster vorziehen, wenn man sich solchen verschaffen kann. Die Faschinen werden mit kleinen zerschlagenen Steinen oder besser mit durchgesiebtem Kies angefüllt; zwei Arbeiter können deren sechzig in einem Tage verfertigen.

Die einzige wirkliche Schwierigkeit bei einer solchen Arbeit besteht in dem Legen der Faschinen, das sehr schnell ausgeführt werden muss und nur geschickten und erfahrenen Arbeitern anvertraut werden kann. Wenn man übrigens so verfährt, wie hier angegeben wurde, so hält man die Einstürze in dem beweglichen Sande sofort auf, ohne dass später eine Reparatur nothwendig würde, und wir können behaupten, dass uns dieses Verfahren überall gelungen ist, wo wir es angewendet haben.

Es dürfte unnütz sein, die Bemerkung zu machen, dass es nicht möglich ist Banquette auf den Böschungen herzustellen, wenn die Austrocknungen mittels Faschinen gemacht werden; die Verkleidungen werden also für sich nur durch Besamungen geschützt, welche aus Heugras und Klee und überhaupt aus allen solchen Pflanzen bestehen, welche schnell Blätter und viele wenn auch nicht tiefe Wurzeln geben.

182. **Versteinungen in beweglichen Terrains.** — Es kommt häufig vor, dass man an der Sohle der Einschnitte Terrains findet, welche so kompressible und beweglich sind, dass man die Bahnschienen erst dann legen kann, nachdem das Planum derselben durch Gräben mit Steinfassungen trocken gelegt ist. Bei solchen Erdarten, welche man oft ungenau mit dem Namen torfartiges Terrain bezeichnet, hat das Ausgraben für die Steinböschungen auch einige Schwierigkeiten. In solchem Falle ist es wiederum das Wasser, das augenscheinlich die Hauptrolle spielt.

Um den nöthigen Raum zur Anlage der Steinböschungen zu gewinnen, sieht man sich oft genöthigt die Erde mittels Pfähle und Spundwände (Fig. 145) einzufassen, bevor man das Ausheben der Bahngräben beginnt; eine solche Arbeit ist aber immerhin schwierig und hauptsächlich sehr kostspielig. Viel einfacher ist es, um diese Aushebung zu bewirken, dass man die Erdwände durch Faschinen einfasst und dabei so verfährt, wie es bei der Befestigung der Böschungen in beweglichem Sande gezeigt wurde.

Wir nehmen z. B. an, dass man zwei mit Steinböschungen zu versehende Gräben in einem Einschnitt wie $ABCD$ (Fig. 146) ausheben wollte. Wenn man an irgend einem Punkt des Planums, von dem tiefsten Punkt des Einschnittes angefangen das zwischen ED GH (Fig. 151) enthaltene Terrain ausgräbt und dann zwei Faschinen F und f legt, so wird der Wasserspiegel in kurzer Zeit bis zur Linie DG hinabsinken; legt man zwei andere Faschinen bei F' und f', wenn man das Prisma $BCEH$ wegnimmt (Fig. 152), so sinkt das Wasser in der Mitte von CE hinab, und das Terrain wird in der Höhe von hh' widerstandsfähig sein.

Setzt man dieselbe Arbeit bis zur beabsichtigten Tiefe des Planums fort (Fig. 153), so gewinnt man nach einiger Zeit, jedoch auf eine leichte und nicht kostspielige Weise den zur Anlage der Steinverkleidung nöthigen Raum (Fig. 154). Da sich nun der Wasserspiegel gesenkt hat, so macht die Ausgrabung des andern Bahngrabens nur geringe Schwierigkeiten.

183. **Terrains mit Rutschungsschichten.** — Die vorstehend beschriebenen Methoden sind nicht mehr anwendbar oder aber sie würden ungenügend sein, wenn die Massen auf schon früher bestandenen Abrutschungsflächen lagen, denn die Anlage der Auswässerungsrinnen und der Verkleidungen an der Oberfläche der Böschungen würden alsdann keine Beziehung zu der Ursache des Einsturzes haben, und nur sehr selten und ausnahmsweise werden die gewöhnlichen Befestigungsarbeiten von einigem Nutzen sein.

In der That kann hier nicht mehr davon die Rede sein, die Ursachen des Einsturzes zu beseitigen, denn entweder kennt man sie, die Trennungsspalten und die Abhänge z. B., oder aber sie hängen von der Natur des Bodens und den atmosphärischen Einflüssen ab, und man kann sie nicht voraussehen. Alles was man thun kann besteht einzig und allein darin Kräfte

zu erzengen, welche fähig sind, denjenigen zu widerstehen, welche das Gleichgewicht der Massen zu zerstören suchen.

Denken wir uns, dass man eine Böschung zu befestigen habe, bei der man die Zeichen einer Abrutschungsschicht AB (Fig. 155) erkannt hat; sollte sich die Masse verschieben, so würde die Bewegung offenbar in der Richtung von AB stattfinden, und es könnte diese Masse vorbeugend befestigt werden, wenn man ihr gegen den Einschnitt einen Widerstand entgegensetzt, welcher der Kraft, die die Bewegung der Masse M verursacht, entgegengesetzt gleich oder grösser ist.

Man gelangt sehr gut zu diesem Resultat, wenn man an der Böschungsfläche einen Strebepfeiler $ABCD$ von gestampfter Erde (Fig. 156) anlegt, dessen Basis AB unter dem Abhange liegt und die man durch eine Steinverkleidung, die gleichzeitig zur Austrocknung der Erde nach der ganzen Höhe dient, vor der Feuchtigkeit schützt.

Die Strebepfeiler müssen eine Länge haben, welche so ziemlich derjenigen der Rutschungsschicht auf der Böschungsebene gleich ist. Was ihre Höhe und ihre Stärke betrifft, so richten sie sich nothwendiger Weise nach der Neigung der Abdachungen und der Stärke der Massen, die auf den Rutschungsflächen liegen. Die Basis AB hat eine entgegengesetzte Neigung von 0^m05 bis 0^m10 pro Meter.

Zur Anlage der Strebepfeiler muss man so viel als möglich Erde von guter Qualität verwenden, oder aber man muss die zur Verfügung stehende vermischen, um durch das Stampfen eine kompakte und homogene Masse zu erhalten, welche eine grosse Bindekraft besitzt. Das Stampfen geschieht in gleichmässigen Schichten von 0^m10 bis 0^m15 Höhe.

Obgleich die Versteinung nur zur Austrocknung der Erde bestimmt ist, so ist es doch nothwendig, sie mit Sorgfalt zu errichten, so dass sie gewissermassen eine Mauer aus trockenen Steinen mit einer Art von Façade an der Seite der gestampften Erde bildet. Ausserdem ist zu bemerken, dass es, wenn das Terrain sehr feucht ist und überhaupt in allen Fällen zweckmässig ist, hinter der Versteinung eine Schicht Stroh oder Deckrasen zu legen, um das Verschlämmen der Auswässerungsrinnen zu verhüten. Man könnte strengsten Falles die Versteinungen mit Kies oder groben Kieseln aufführen; in jedem Falle aber ist die Anwendung des rohen Bruchsteins bei weitem vorzuziehen.

Das durch die Versteinung laufende Wasser fliesst an der Basis in einer Rinne von Ziegeln, die nach der ganzen Länge der Strebepfeiler angelegt ist. Ist das Wasser reichlich oder haben die Abdachungen nur eine geringe Neigung nach der Länge, so ist kein Hinderniss vorhanden, mit der Rinne der Steinböschung andere Querrinnen, die ebenfalls von Ziegeln gemacht sind, in Verbindung zu setzen, welche unter die Strebepfeiler hin das Wasser direkt in die Bahngräben führen.

184. Wenn die Neigung der Abdachungen eine gewisse Grenze überschreitet, 4 bis 5° z. B., so muss die Form der Strebepfeiler in der Art verändert werden, dass man eine grössere Höhe und eine zweckmässige Stärke gewinnen kann, ohne dass es nothwendig wäre, eine zu grosse Quantität Erde unter den Rutschungsflächen abzutragen.

Wenn es sich z. B. darum handelt, einen Strebepfeiler zu errichten, um die Erde über der Abdachung AB (Fig. 157) zu erhalten, welche eine Neigung von 9° hat, so genügt es, anstatt das ganze Prisma ACD abzutragen, die Basis der Strebepfeiler mit Stufen $AEFG$ anzulegen, wodurch man das Wegnehmen der beträchtlichen Masse $FEGC$ erspart und die Höhe der Erdmasse, welche jetzt ohne Unterstützung beinahe senkrecht steht, auf CG reduzirt wird. Im Uebrigen bleiben die andern Bemerkungen hinsichtlich der Arbeit des Stampfens und der Anlage der Rinnen so wie der Versteinung dieselben wie in dem vorstehenden Falle.

Aehnliche Vorrichtungen müsste man treffen, wenn man eine Böschung befestigen müsste, an der man mehrere übereinander liegende Rutschungsschichten bemerkt, welche zu einem Einsturz der Massen Veranlassung geben. So würde es, anstatt drei verschiedene Strebepfeiler zur Befestigung eines Einschnittes (Fig. 158), in welchem man drei Rutschungsbänke AB, CD und EF (Fig. 158) bemerkt, zu konstruiren, hinreichend sein, einen einzigen Strebepfeiler mit Stufen unter jeder Abdachung zu erbauen, so dass man in der Wirklichkeit drei Strebepfeiler hat.

185. Wie bereits bemerkt wurde, ist es nicht

möglich, selbst auch nur auf eine allgemeine Art die genaue Form und die Dimensionen der Strebepfeiler zu bestimmen, denn man muss Rücksicht nehmen auf die Beschaffenheit der zu stampfenden Erde, auf die atmosphärischen Einflüsse, auf die gute Ausführung der Arbeit, auf die Art und die Neigung der Abdachungen und auf die Stärke der zu befestigenden Massen, folglich auf eine grosse Anzahl von ausserordentlich veränderlichen Elementen. Indessen kann man die Fig. 156, 157 u. 158 als die Muster betrachten, welche nach den Umständen zu modifiziren sind. Nur könnte man auf den ersten Blick bei Betrachtung des Missverhältnisses, das zwischen den zu befestigenden Massen und denen der Strebepfeiler besteht, die Frage aufwerfen, ob die hier angegebene Methode wirklich zweckentsprechend und erfolgreich wirkend ist. Die Erfahrung berechtigt uns diese Frage bejahend zu beantworten, denn wir haben zu häufig Gelegenheit gehabt, den energischen Widerstand zu beobachten, die die Strebepfeiler voluminösen beweglichen Massen entgegenstellen; und selbst, wenn man zu Berechnungen seine Zuflucht nimmt, wird man sich überzeugen, dass die Strebepfeiler, ohne ihnen übertriebene Dimensionen zu geben, einer bedeutenden Widerstandskraft fähig sind, welche bei weitem den Druck, der auf sie ausgeübt wird, überwiegt.

Nehmen wir in der That an, dass es sich darum handle, den Druck einer Masse $ABCD$ (Fig. 159) zu berechnen, welche über einer Rutschungsfläche liegt, die ein enormes Gefälle von 0^m30 hat, und geben wir dieser Masse eine horizontale Länge von 500^m0 sowie eine senkrechte Höhe von 10^m0. Ein Einsturz bei diesen Verhältnissen des Volums und des Gefälles muss ganz gewiss eine seltene Ausnahme sein; nehmen wir aber noch an, dass die Dichtigkeit der Erde eine sehr hohe Ziffer erreiche, dass das Gewicht des Kubikmeters 2280 Kilogr., ein Mittel zwischen dem des Thones (1800 Kilogr.) und dem des Thonschiefers (2700 Kilogr.) betrage, so erhalten wir: Gewicht der Masse $ABCD$ pro lauf. Meter des Einschnittes:

$(500 \times 10 \times 1{,}00) \times 2280$ Kilg. $= 11{,}400{,}000$ Kilg.; betrachten wir aber die Linie AB als beinahe geradlinig, so ist diese Linie, deren Länge 522^m beträgt, nichts anderes als die Lage einer geneigten Ebene, deren Höhe AB ist.

Folglich verhält sich das relative Gewicht der Masse $ABCD$ für einen lauf. Meter Böschung zu dem absoluten Gewicht von 11,400,000 Kilogr. wie 150 zu 522. Demnach hat man, wenn man das relative Gewicht mit p bezeichnet,

$$p : 11400000 \text{ Kilogr.} = 150 : 522,$$

$$\text{und } p = \frac{11400000 \text{ Kilogr.} \times 150}{522} = 3275862 \text{ Kil.}$$

Wenn die Schwere allein wirkte, so würde also diese Zahl 3275862 den Druck der Masse $ABCD$ pro lauf. Meter des Einschnittes darstellen; der wirkliche Schub von B gegen A kann aber nur die Differenz zwischen dieser Grösse und der Summe der Widerstände sein, welche die Reibung und die Kohäsion der Bewegung der Masse $ABCD$ entgegenstellen.

Denken wir uns zuvörderst die Masse $ABCD$ als in Ruhe befindlich. Die Kohäsion oder augenblicklich nach der Quere wirkende Kraft beträgt nach den Versuchen von Collin 0^k193 pro Quadratcentimeter bei Thon von geringer Konsistenz, wie derjenige sein kann, der vom Quell- oder Regenwasser durchdrungen ist.

Der Reibungskoeffizient ist 1,00 nach demselben Ingenieur bei Thon der Liasformation, welcher angefeuchtet und durch die Entschung glitschig geworden ist. Wenn man also annimmt, dass die Reibung proportional ist dem Druck, so erkennt man ohne Mühe, dass unter solchen Verhältnissen die Reibung allein einen Widerstand erzeugt, welcher gleich ist dem absoluten Gewicht der Masse $ABCD$ selbst. Nehmen wir aber das geringere Verhältniss 0^m70, das Resultat von 19 Versuchen Collins, an, so haben wir:

1. Kohäsion
$= 5220000^{qc} \times 0{,}193 = 1{,}007{,}460$ Kilogr.;
2. Reibung
$= 11400000^k \times 0{,}70 = 7{,}980{,}000$ Kilogr.
Total 8,987,460 Kilogr.

Aus diesem letzten Resultat ersieht man, dass die Widerstandsfähigkeit grösser ist als der Druck der Masse $ABCD$, und dass sie selbst mehr als das Zweiundeinhalbfache beträgt.

Stellen wir uns nun die Masse $ABCD$ in Bewegung vor; der Koeffizient der Reibung beim durchnässten Thon wie in dem vorstehenden Falle wird nicht mehr als 0^m223 betragen, und die Kohäsions- oder permanente Transversalkraft ist 0^k119 pro

Quadratcentimeter, wenn die Konsistenz gleich ist der des weichen Ziegelthons.

Die Summe der Widerstände würde also sein:

Kohäsion
$= 5220000^{cc} \times 0.119 =$ 621,180 Kilogr.

Reibung
$= 11400000^{c} \times 0,223 =$ 2,542,200 Kilogr.

Total 3,163,380 Kilogr.

Folglich würde sich der Druck unter den ungünstigsten Verhältnissen nur bis zu 112,482 Kilegr. erheben, Differenz zwischen 3,275,862 Kilogr. das relative Gewicht der Masse *ABCD* und der Summe der Widerstände oder 3,163,380 Kilogr., nämlich der 107te Theil des Totalgewichts der Masse *ABCD*.

Ermitteln wir nun den Grad des Widerstandes der Strebepfeiler, welche erbaut werden, um das Gleichgewicht der Massen zu erhalten, wenn die Reibungs- nnd Kohäsionskräfte ungenügend sein sollten.

Wir nehmen einen Strebepfeiler, wie vorstehend erbaut, mit den Dimensionen der Fig. 160 an, dessen Volum pro laufenden Meter 82m³80 beträgt.

Die Wirkung eines Druckes *P* kann offenbar nur das Rutschen der Masse *AGFD* nach der geneigten Ebene *AG*, oder der Masse *ABFD* nach der horizontalen Base *AB* sein. Die Widerstandsfähigkeit wird also auch hier aus der Reibung und der Kohäsion bestehen, die nach *AG* oder *AB* stattfinden.

Der ungünstigste Fall würde derjenige sein, wo der Druck horizontal wäre und wo das Rutschen nach *AB* vor sich ginge. Betrachten wir nnn wie gross der totale Widerstand des Strebepfeilers (Fig. 160) unter solchen Verhältnissen sein würde. Nehmen wir als Gewicht des Kubikmeters einen annähernden Durchschnitt zwischen dem Gewicht des Lehms und des Thones = 1700 Kilog. an. Die Strebepfeiler müssen so gebaut sein, dass die Kohäsion und die Reibung ihr Maximum von Kraft erreichen, indessen nehmen wir ganz einfach wie oben an:

1. Augenblickliche Transversalkraft $= 0^{k}193$ pro Quadratzentimeter:

2. Reibung der Flächen in Ruhe $0^{k}70$;

Die Summe der Widerstände wird also bestehen aus:

1. Kohäsion $= 120{,}000^{cc} \times 1{,}93 = 23{,}160$ Kilogr.;

2. Reibung $= (82{,}80 \times 1700^{K}) \times 0{,}70 = 98{,}532$ Kilogrammes. Total 121,692 Kilogrammes.

Bemerken wir nnn, dass, wenn das Rutschen sich nach der geneigten Ebene *AG* ergeben sollte, die Kraft der Reibung dadurch nur zunehmen könnte, trotz der Differenz der Beschaffenheit der in Berührung kommenden Oberflächen, wegen der grösseren Oberfläche des Profils und des Winkels, den die Richtung des Druckes mit der Linie *AG* bilden würde. Und wenn der Druck anstatt horizontal zu sein, schief wäre, wie bei *P'* (Fig. 160), so ist es offenbar, dass die Widerstandsfähigkeit der Strebepfeiler mit der Oeffnung des Winkels (*a*), den *P'* mit der Horizontale bildet, zunehmen würde.

186. Im Falle der Fig. 161 denken wir, dass man die Böschung *AB* mittels eines Strebepfeilers nach Anordnung der in Fig. 158 dargestellten konsolidiren wollte. Angenommen, dass der Strebepfeiler dem Druck der Masse *LHMN* nur eine ungenügende Widerstandsfähigkeit entgegenstellen sollte, so würde die gestampfte Erdmasse das Bestreben haben, nach der Richtung der Bewegung zu brechen, d. h. nach der Linie *HFA*; wäre die Masse *AJIF* kompakt und sehr gleichmässig, bevor dieser Bruch stattfände, so müsste der Druck den Kohäsions- und Reibungswiderstand überwinden, der nach dieser Linie *HFA* stattfindet. Selbst angenommen, dass dieser Bruch nach der Horizontale *HP* stattfindet und das Volum des Prisma *PHIJ* sei 75m60 pro lauf. Meter, so erhält man, wenn man sich der Koeffizienten des letzten Beispiels bedient:

Kohäsion
$= 120000^{cc} \times 0{,}193 = 23{,}160$ Kilogr.;

Reibung
$= 7560 \times 1700^{k} \times 0{,}70 = 80{,}964$ Kilogr.;

Total 113,124 Kilogr.

Nähert man dieses letztere Resultat demjenigen, was wir für den Druck der Masse *ABCD* (Fig. 159) erhielten, so erkennt man, dass die Widerstandsfähigkeit des Strebepfeilers (Fig. 161) 642 Kilogr. grösser ist als der Druck der Masse *HLMN*, den wir anfänglich dem von *ABCD* (Fig. 159) gleich vorausgesetzt haben.

Wählt man also die ungünstigsten Elemente für die Berechnung des Schubes der Erde im Vergleich zu der Widerstandsfähigkeit der Strebepfeiler, so ersieht man, dass es sehr leicht ist, das Gleichgewicht der voluminösen Massen zu erhalten. Ohne Zweifel

haben wir nicht Rücksicht genommen auf alle Elemente der Berechnung und wir haben Koeffizienten angenommen, deren Genauigkeit bestreitbar ist; es ist aber auch zu bemerken, dass wir einerseits das Gefälle des Terrains, das Gewicht der Erde zu hoch, und dass wir nur die schwächsten Koeffizienten angenommen haben, während wir bei der Berechnung der Widerstandsfähigkeit der Strebepfeiler die Reibungs- und Kohäsionskoeffizienten verminderten, stets mit der Voraussetzung der für die gesammte Widerstandsfähigkeit ungünstigsten Umstände.

187. Wir schenken den Erfahrungsresultaten, die man hinsichtlich der Kohäsion und der Reibung in einem zu kleinen Massstabe gemacht hat, wohl keinen grossen Kredit, und wir haben uns derselben bei den vorstehenden Erklärungen nur unter der Voraussetzung bedient, wo sie irgend ein bemerkenswerthes Interesse bieten konnten. Nichtsdestoweniger erhalten wir unsere Behauptung über die Wirksamkeit der Strebepfeiler aufrecht, denn nach unserer Ueberzeugung ist es offenbar, dass die sich bewegenden Massen in den meisten Fällen nur von einer verhältnissmässig sehr schwachen Kraft beeinflusst werden.

188. Damit aber die Strebepfeiler in der That wirksam sind, müssen sie, wie bereits erwähnt wurde, aus einer kompakten und homogenen Masse bestehen, was man nur durch die Wahl oder die Mischung von guten Erden erreichen kann, welche man gehörig und gleichmässig stampft, denn wenn sich z. B. in der ganzen Masse der Erdschichten Erde von grösserer oder geringerer Durchdringlichkeit befindet, oder wie es sehr leicht vorkommen kann, wenn die Arbeiten im Winter ausgeführt werden, wäre eine gefrorne Erdschicht gegen die Mitte der Höhe eines Strebepfeilers hineingekommen, so könnte die Erweichung einer solchen der Festigkeit der Erde beträchtlichen Schaden zufügen, besonders wenn das verwendete Material aus Thonerde besteht.

189. Wir haben bisher nur von Strebepfeilern aus gestampfter Erde gesprochen; man hat aber vielleicht schon die Bemerkung gemacht, dass es vorzuziehen sein möchte, statt derselben solche aus Stein zu errichten. Offenbar würde Mauerwerk vorzuziehen sein, es ist aber wohl zu bemerken, dass die Ausgaben das Sieben- bis Achtfache betragen würden, und ausserdem ist zu berücksichtigen, dass die Widerstandsfähigkeit der mit Sorgfalt ausgeführten Erdstrebepfeiler von der der gemauerten wenig differirt, ja dieselbe sogar manchmal übertrifft.

190. Wir beschliessen nun die Darstellung der allgemeinen Anordnungen, nach denen die vorbauenden Arbeiten ausgeführt werden müssen und sprechen die Ueberzeugung aus, dass man, wenn man die angegebenen Methoden mit Umsicht anwendet, stets mit Leichtigkeit dahin gelangen wird, die Böschungen der Einschnitte zweckmässig zu befestigen. Wie man aber hat bemerken müssen, haben die Befestigungsmethoden der Böschungen eine direkte Verbindung mit den Ursachen des Einsturzes; ausserdem hängen sie oft von sehr veränderlichen eigenthümlichen Lokalverhältnissen ab. Es wäre daher ungereimt, wenn man behaupten wollte, dass die Arbeiten zur Befestigung der Böschungen nach gleichmässigen Vorbildern ausgeführt werden müssten, je nachdem die Erdarbeiten sich den allgemeinsten Fällen nähern, welche wir behandelt haben. Jede Befestigungsmethode ist gut, wenn sie den doppelten Zweck erreicht: Solidität und Oekonomie; alle andern Betrachtungen, als da sind Symmetrie, äusseres Ansehen u. s. w., sind immer sehr untergeordnet und die Zeit hat ihr Urtheil über die ausserordentliche Sorgfalt ausgesprochen, die man ehemals darauf verwendete, vollkommen regelmässige und mit regelmässigen, jedoch unnützen Berasungen versehene Böschungen herzustellen.

Wir schliessen diesen Abschnitt mit der Angabe einiger eigenthümlicher Beispiele von vorbauenden Arbeiten, welche zur Befestigung von fünf Einschnitten in der sechsten Sektion der Linie von Paris nach Mühlhausen ausgeführt wurden.

1. Einschnitt de la Côte (Fig. 163). — Die Böschungen dieses Einschnittes wurden anfänglich einfüssig oder auf 45° regulirt; der untere Theil, bestehend aus gemischten Thonarten, wurde bei Regen- und Thauwetter nach und nach zerstört und die Einstürze wurden durch den Abfluss des durchsickernden innern Wassers *abc* noch verschlimmert. Die obern Schichten bestehen aus durchdringlichen Schichten, manchmal durchschnitten von thonhaltigem Sand, jedoch durch die Berührung mit Wasser nicht leicht flüssig werdend.

Die Befestigung der Böschungen erreichte man

durch die Austrocknung des thonhaltenden Terrains mittels gewöhnlicher Entwässerungsrinnen, zum grossen Theil bedeckt mit Moos, weil Rasen schwierig herbeizuschaffen war, und versehen mit einer Verkleidung des Fusses der Böschungen mit Erde, welche von dem obern Theil weggenommen wurde. Man verschaffte sich den nöthigen Raum für die Verkleidungen durch die Anlage von Versteinungen, welche ohne den zur Herstellung der Geleise erforderlichen Raum zu vermindern, gleichzeitig zum Halten der gestampften Erde und zur Erleichterung des Wasserabflusses dienen.

Die Erde der Verkleidung ist eine sehr mittelmässige; wegen der geringen Höhe der Böschung *AB* aber hatte man nach dem ersten Thauwetter nur einige Beschädigungen von geringer Wichtigkeit zu repariren, und während des Winters von 1859 zu 1860 hatten die Unterhaltungsarbeiten nur den Zweck, den Abfluss des Wassers über die Banquette und in den Bahngräben zu erleichtern.

192. Einschnitt von Ronchamp. — Die beiden Einschnitte an den Zufahrten zur Station von Ronchamp wurden in einem thonhaltigen Terrain von der Art desjenigen, das man argilolite nennt, eröffnet. Dieses Terrain ist von einer grossen Anzahl von Wasseradern durchschnitten, welche an der linkseitigen Böschung zu sehr starken, aber sehr unregelmässigen Durchsickerungen bei starkem Regen- und Thauwetter Veranlassung gaben. Das Terrain hatte beinahe überall dasselbe Ansehen und es war sehr schwierig, wasserführende Schichten zu unterscheiden, die Durchsickerungen waren nur um die Mittagszeit bei etwas trockener Witterung und nach einigen Regentagen zu entdecken.

Während des Baues war die Dichtigkeit des Terrains von der Art, dass man zu einem grossen Theil des Abtrages zum Sprengen seine Zuflucht nehmen musste, und in Erwägung dessen hatte man eine einfüssige Böschung für hinreichend erachtet.

Indessen die Argilolite enthäuft (désagrége) sich bekanntlich bei der Berührung der Luft sehr schnell und zerfällt durch die Trockenheit in sehr kleine, jedoch nicht zusammenhängende Stücke; die Terrains dieser Art werden sehr flüssig durch die längere Wirkung des inneren Sickerungswassers.

Die Befestigungsarbeiten hatten den Zweck, häufige Räumungen der Gräben zu vermeiden und ähnlichen Einstürzen verzubeugen, wie der war, der sich am Ende des Winters 1858—59 ereignete und welcher nicht weniger als 800 Kubikmeter hatte und mit seinem Fusse beinahe die in Betrieb stehende Bahn erreichte.

Man erreichte den beabsichtigten Zweck durch eine sanftere Böschung und durch die Austrocknung der Erde. Die Neigung der Böschung ist jetzt eine $1\frac{1}{2}$füssige mit von 4^m0 zu 4^m0 gestützten Banquetten, so dass man also eine durchschnittliche Neigung von 1^m50 Anlage zu 1^m0 Höhe hat.

Alle Banquette wurden mit Rasen belegt und nach dem Längengefälle angelegt, an deren untern Verbindung gemauerte Rinnen von 0^m80 Breite gezogen wurden. Der Fuss der Böschung wurde mit einer Versteinung versehen, um ein Banquett *ABC* (Fig. 164) zu gewinnen, auf den man allmählig nach *ABCD* alle die zersetzte Erde ablegte, welche durch die blosse Wirkung der Schwere oder des Windes oder durch den Regen gegen den untern Theil *BD* gezogen wurde.

Die Erde wurde mit gewöhnlichen Rinnen ausgetrocknet, d. h. mit Ausnahme derjenigen Erde, welche tiefer ist, damit die Rinnen, welche in einer grössern Distanz von der Böschungsfläche angelegt sind, stets vor dem Froste geschützt werden. Die Durchsickerungsbänke erreichten manchmal eine grosse Höhe und es wurde daher das Ausheben der Rinnen und die Versteinung, wie in Fig. 164 gezeigt, ausgeführt.

Da die Kosten zur Herbeischaffung des Rasens sich ziemlich hoch beliefen, so musste die Bedeckung der Versteinung der Rinnen auf eine zweckmässige Art ersetzt werden. Das gewöhnliche Stroh, wenn es so gelegt wird, wie bereits erwähnt wurde, wird manchmal schlüpfrig und kann der Festigkeit der Rinnen nachtheilig werden, wenn die Versteinungen eine gewisse Höhe haben. Angesichts dieser Schwierigkeiten hatten wir die Idee, die Versteinungen mit Strohmatten zu bedecken, die man aus dicht aneinander gelegten und durch Bindfaden verbundene Strohseile von 0^m02 bis 0^m03 Stärke herstellte.

Dieses neue Mittel zur Bedeckung der Versteinung der Wasserrinnen hat viele Vortheile und verdient eine besondere Beachtung; die Strohmatten sind

sehr leicht und billig zu machen; während der Rasen oft sehr selten ist, kann man Stroh überall haben; zwei Arbeiter können leicht 20 Quadratmeter pro Tag verfertigen. Bei den Einschnitten ven Ronchamp und auf einigen andern Bauplätzen, we wir in neuester Zeit diese Methode ausführten, kostete der Quadratmeter für Anlieferung, Transport und Arbeitslehn nicht mehr als 35 Centimes.

Uebrigens können die Strohmatten in einer Breite angefertigt werden, welche im Verhältniss steht zu der abzudeckenden Oberfläche; die Arbeit geht regelmässiger und reinlicher von statten, und die vegetabilische Erde zur Vollendung der Verkleidung der Rinnen erhält sich in dem ihr angewiesenen Raum *abA* (Fig. 164) in einer sehr festen Weise.

Als die Böschungen an der linken Seite der Einschnitte ven Ronchamp auf diese Weise vor dem innern Wasser und vor dem Regenwasser durch die Banquette geschützt waren, war nur nech die Ausführung einer Verkleidung ven gestampfter vegetabilischer Erde nethwendig. Eine einfache Besämung einer Schicht Humuserde von 0m04 bis 0m05 Stärke war genügend, um die verbauenden Arbeiten der Befestigung zu vervellständigen.

3. Einschnitt von Chevannel (Fig. 162 und 176). — 193. Das Terrain besteht aus Argilotite und Thonschiefer und wird an verschiedenen Stellen von Rutschungsschichten durchschnitten, welche durch Adern ven 0m01 bis 0m02 Stärke eines weissen und sehr feinen Thones gebildet werden. Der grösste Theil des Abtrages wurde mit Pulver bewerkstelligt; die Böschungen an der linken Seite waren 0m82 Grundfläche bei 1m0 Höhe. Die häufigen Räumungen der Gräben, welche durch die Zersetzung der Erde erfordert werden, nnd ein sehr voluminöser Einsturz, von welchem später die Rede sein wird, haben die absolute Nothwendigkeit erwiesen, die Böschung an der linken Seite zu befestigen. Es existiren an der Böschungsfläche einige Durchsickerungen unter Steinschichten und besonders an dem untern Theile.

Die Arbeiten bestanden hauptsächlich in der Flacherlegung der Böschungen und in der Befestigung des Einsturzes.

Um beiläufig 20000 Kubikmeter Abtrag mit Pulver zu ersparen, wurde der Fuss der Böschungen der Achse 0m52 und 1m50 über dem Planum der Erdarbeiten näher gelegt. Die Böschung wurde zu einer 1¼füssigen regulirt und mit Banquetten von 4m0 zn 4m0 versehen, was also eine durchschnittliche Neigung von 1m50 Grundlage zu 1m0 Höhe oder eine 1½füssige Böschnng gibt; ausserdem wurde sie durch Banquette und Rinnen, so wie durch Herstellung eines Revers d'Eau (siehe Seite 403) über dem Einschnitt ver Regen geschützt. Die Anordnungen für den untern Theil hatten hanptsächlich folgenden Zweck: zuvörderst wie wir gesehen haben, den ganzen kubischen Inhalt des nachträglichen Abtrages zu reduziren und dann das Bahngeleise gegen die Bewegung der zersetzten Erde mittels einer Verkleidung ven gestampfter Erde zu schützen, welche eine Versteinung ven 0m15 bedeckt, die die Bestimmung hat, die erste Böschung zum Theil nnd nnten auszutrocknen.

Die aus Steinen des Einschnittes erbaute Stützmauer ist auf 0m50 Stärke mit hydraulischem Mörtel gemauert; rückwärts besteht sie aus rohen, trocken aufgeführten Bruchsteinen. Diese Mauer hat nur den Zweck, die gestampfte Arbeit zu halten und den Punkt *A* anfzuhöhen, um das Volum des nachträglichen Abtrages zu vermindern (Fig. 162).

Als man den Einsturz, der im Monat August 1858 stattfand, repariren sollte, erlanhte die Nothwendigkeit, dem Strebepfeiler einen Stützpunkt zu erhalten, nicht mehr die Fortsetzung des nachträglichen Abtrages gegen Mühlhausen. Um nnn den Theil der Böschung, welcher eine zu starke Neigung beibehalten musste, vor atmosphärischen Einflüssen zu bewahren, nahm man zu einer Verkleidung der ganzen Fläche *ABCDE* (Fig. 176) mit Deckrasen seine Zuflucht.

Diese Berasung kennte vielleicht nach Verlauf von einem oder zwei Jahren austrocknen, dann würde sie aber eine Schicht vegetabilischer Erde bilden, welche durch Pflanzenwurzeln und wahrscheinlich durch Dornen zusammengehalten würde. Um deren Festigkeit und Dauer zn vermehren, haben wir ein Mittel angewendet, das bisher die vortrefflichsten Resultate geliefert hat. Die Rasen werden durch starke Pfähle ven 0m30 Länge, welche 1m0 auseinander stehen und in Löchern eingelassen werden, welche man verher mit einem Steinbohrer gemacht hat, so wie von Eisendrähten gehalten, die man voll-

kommen anspannt und auf jedem Pfahlkopf gehörig befestigt.

4. Einschnitt von Norval (Fig. 165). — 194. Dieser ganze Einschnitt liegt in einem sandigen Terrain, das von dünnen Thonschichten unregelmässig durchschnitten wird; Durchsickerungen in grosser Anzahl und sehr unregelmässig. Die rechtseitige Böschung ist $1\frac{1}{2}$füssig, die andere 1füssig; trotz eines geringen Gefälles des natürlichen Terrains sind die Ursachen des Einsturzes an der Oberfläche bei beiden Böschungen dieselben.

Ausgeführte Arbeiten: 1. Austrocknung mit Rinnen bei jeder Durchsickerung; 2. Verkleidung von gestampfter Erde, die von den obern Schichten des Einschnittes genommen wurde; 3. Steinböschungen und 4. Besämungen.

Die rechtseitige Böschung hat keinerlei Beschädigung erlitten, nachdem sie konsolidirt worden, doch waren nach dem ersten Winter einige Reparaturen an der linkseitigen Böschung nothwendig; während des Winters von 1859—60 und nach demselben waren die Ausgaben für die Unterhaltungsarbeiten unbedeutend und es handelte sich nur um einige Tagelöhne zur Reinigung der Gräben und zur Unterhaltung der Banquette.

Die Beschädigungen, welche man anfänglich an der linkseitigen Böschung auszubessern hatte, waren leicht vorauszusehen. Diese Böschung war zu steil und die Erde, womit man die Verkleidung gemacht, zu leicht, zu sandig, so dass sie bei Regen und Thauwetter, bevor die Senkung vollständig war, nothwendiger Weise flüssig wurde. Es erschien daher zuerst nothwendig, die Böschung sanfter zu machen und gute Erde zum Stampfen der Verkleidung aufzusuchen; hiermit war aber eine nachträgliche Ausgabe von etwa 2000 Frs. verbunden, und die ausserordentlichen Unterhaltungsarbeiten durften eine solche Summe nicht erreichen.

Uebrigens konnte der Transport von Erde eines nachträglichen Abtrages nur in einer grossen Distanz und mit Lorrys auf einer in Betrieb stehenden Eisenbahn bewerkstelligt werden, was den Transport zu kostspielig und selbst gefährlich macht, wenn gleich eine unermüdliche Aufsicht stattfindet. Die Befestigungsarbeiten an der linken Böschung, die unter Beibehaltung der ursprünglichen Neigung der Böschung und mit an Ort und Stelle genommener schlechter Erde für die Verkleidungen ausgeführt wurden, zeigten also einige Chancen der Beschädigung; es war aber gewiss, dass dadurch endlich eine beträchtliche Oekonomie entstehen würde. Es scheint, dass ein Baumeister in ähnlichen Fällen nicht unschlüssig sein und die in Bezug auf den Kostenpunkt vortheilhaftesten Anordnungen annehmen sollte; indessen begreifen wir es vollkommen, dass man, um so zu handeln, manchmal schon seine Proben abgelegt haben und jede Eigenliche dem wohlverstandenen Interesse der Gesellschaften weichen muss.

5. Einschnitt von Valdieu (Fig. 178^bis^). — 195. Terrain aus der Varietät des thonhaltigen Sandes, den man Lehm nennt. Einstürze an der Oberfläche am Ende eines jeden Winters in Folge der Wirkungen des Frostes.

Die Spuren der innern Feuchtigkeit sind sehr sichtbar, jedoch schwer zu unterscheiden. Es wurden unnütze Versuche gemacht, um die Böschungen durch Drainage mit Röhren und Flechtwerk zu befestigen.

Die Reparatur der Böschungen wurde endlich mit den in §. 176 angegebenen Mitteln erreicht, nämlich 1. durch die Herstellung einer Versteinung mit gesiebtem Kies von 0^m15 Stärke auf der ganzen Ausdehnung der Oberfläche, wo man Spuren von Feuchtigkeit in dem natürlichen Terrain bemerkte; 2. durch die Bedeckung des Steins mittels einer Verkleidung aus Deckrasen von 0^m10 Stärke; endlich 3. durch Herstellung einer Verkleidung von vegetabilischer Erde von 0^m15 Stärke. Das am Fusse der Böschung dargestellte Banquett wurde von einem Theil der eingestürzten Erde gebildet; es wird dadurch die Festigkeit der Verkleidung vermehrt und es kann die Erde aufgehalten werden, welche von dem Regenwasser mitgerissen werden kann. Die untere Böschung hat man durch eine Berasung von 0^m10 zu schützen für gut befunden.

Die Kosten beliefen sich auf 1 Frs. 67 Cent. pro Quadratmeter.

Nach dem ersten Winter zeigten sich einige kleine unbedeutende Beschädigungen von 0^m04 bis 0^m08 Stärke und bloss an den Oberflächen, die noch mit keiner Vegetation bedeckt waren.

Repressive Arbeiten.

196. Man stellt manchmal die Frage auf, warum die Arbeiten zur Reparatur der eingestürzten Böschungen mehr Interesse zu haben scheinen als die präventiven. Diese letzteren haben manchmal geringere Schwierigkeiten in der Ausführung, jedenfalls ist es aber auch ein reeller und wichtiger Vortheil, mit wenigen Kosten und zur gehörigen Zeit Unfällen vorzubeugen, welche stets die Quelle einer Menge von Uebelständen sind, deren geringster in der Verausgabung grosser Summen besteht. Da das Entstehen der Einstürze bisher noch nicht gehörig studirt wurde, so vermuthen auch die Baumeister die Ursachen der Bewegung der Massen nicht eher, als bis sie merkliche Wirkungen hervorgebracht haben, oder sie haben zu wenig Vertrauen zu ihren Erfahrungen bei Erdarbeiten und befürchten unnütze Ausgaben zu machen. Nach dem Entstehen der Einstürze dagegen ist man sicher, dass Ursachen vorhanden sind, welche die Fähigkeit haben, das Gleichgewicht der Massen zu stören; diese Ursachen sind leicht zu begreifen und man hat sich nur noch mit den zweckmässigsten Befestigungsmitteln zu beschäftigen.

Die erste Massregel, welche zur Befestigung der Einstürze vorgeschrieben wird, ist beinahe nach allen Ingenieuren, die sich mit dieser Art von Arbeiten beschäftigt haben, die, die ganze eingestürzte Erde zu beseitigen; selbst Hr. v. Sazilly glaubt, dass es unumgänglich nothwendig ist, das natürliche Terrain blosszulegen und alsdann seine Befestigungsmethoden anzuwenden. Perdonnet ist nach unserer Meinung der erste gewesen, welcher die Aufmerksamkeit der Ingenieure auf die Nachtheile des Abtrages der sehr voluminösen Einstürze gelenkt und auf die Möglichkeit hingewiesen hat, sie zu befestigen, ohne zu so kostbaren Arbeiten seine Zuflucht nehmen zu müssen.

Ist es nicht zum Erstaunen, dass man in Betreff der Baukunst alles berechnet und berücksichtigt hat, und dass man die Kraft der in Bewegung befindlichen Erde so sehr fürchtet. Man unternimmt ohne Anstand die Reparatur, die Konsolidation von Gebäuden, welche kolossale Dimensionen haben, und man erschrickt vor einer Masse von Schlamm oder Erde, die sich einige zehn Meter Breite verschoben hat, obgleich es so leicht wäre, die Ursachen der Bewegung entweder zu entfernen oder ihr höhere Widerstände entgegen zu stellen.

Die repressiven Arbeiten sind sehr verschiedener Art, je nachdem es sich um Einstürze an der Oberfläche oder um solche handelt, welche man Masseneinstürze nennt. Die Unterscheidung zwischen diesen beiden Arten von Einstürzen und folglich die Mittel der Befestigung hängen hier nur von der Berechnung der Kosten ab.

197. Einstürze an der Oberfläche. — Sobald die Einstürze beiläufig nur 2 bis $3^{m}0$ Stärke erreichen, sind die Befestigungsarbeiten den gewöhnlichen präventiven Arbeiten gleich. In diesem Falle kennen wir kein Mittel, das uns davon entheben könnte, die eingestürzte Erde fortzuschaffen. Nachdem die Böschungen gehörig gereinigt worden, stellt man sie durch Anlage von Auswässerungsrinnen und eine Verkleidung von gestampfter Erde mit Banquetten und Cuvetten, wie schon früher angegeben wurde, vor dem innern Wasser und den atmosphärischen Einflüssen in Schutz.

Nur die definitive Form der Böschungen muss nach der Konfiguration des natürlichen Terrains modifizirt werden. Nehmen wir z. B. an, dass man eine eingestürzte Böschung wie in Fig. 167 wieder befestigen wolle. Ohne Veränderung des anfänglichen Profils könnte man eine solche Böschung nicht austrocknen und konsolidiren, denn man müsste, ohne der Festigkeit der durchdringlichen Schicht zu schaden, ein sehr breites Banquett gewinnen, um eine Entwässerungsrinne C (Fig. 168) anzulegen und die Verkleidung so anzuordnen, dass sich die herbeigeschaffte Erde nicht in denselben Gleichgewichtsverhältnissen befindet als die eingestürzte Erde. In einem solchen Falle ist man genöthigt, den Raum $abcd$ (Fig. 168) abzugraben, um ein Banquett ab von etwa $0^{m}35$ Breite und wenigstens eine einfüssige Böschung bc zu erhalten. Ferner muss man das natürliche Terrain am Fusse der Böschungen absatzweise abschneiden, damit die Verkleidung auf ebenen und in entgegengesetzter Richtung der Böschungslinie geneigten Flächen fusse. Und wenn die obere Durchsickerung geringe Höhe hat und die durchdringliche Schicht P wenig Festigkeit zeigt, so verhindert nichts mit der Verkleidung in der Höhe AB (Fig. 169) anzuhalten, um das Volum der gestampf-

ten Erde zu vermindern und ein Banquett zu bilden, das zur Erleichterung des Abflusses des Regenwassers dient; übrigens wird man dadurch nicht verhindert im Nothfalle über dem Einschnitt ein Banquett en revers d'ean *CD* herzustellen.

Wenn eine natürliche Rutschungsfläche existirt und die Böschnngen eine geringe Höhe haben, so kann man auch, wie wir es bei dem Einschnitte von Briel (Mühlhausener Linie) gethan, die Verkleidung so anordnen, dass sie gleichzeitig einen Strebepfeiler gegen die Masse bildet, welche über der Rutschungsfläche liegt.

Manchmal indessen ist man genöthigt, das ursprüngliche Profil der Böschungen wiederherzustellen, was hauptsächlich dann der Fall ist, wenn man zu viele Schwierigkeiten findet, um eine Verbreiterung der Einschnitte zu erhalten, z. B. an den Eingängen der Städte, wo die Terrainerwerbungen neben vielen Formalitäten zu viel Zeit erfordern, und wenn nächst den Einschnitten Verkehrswege bestehen, die man ohne viele Nachtheile nicht umgehen kann.

So haben wir nach Fig. 170 einen Einsturz von 4 bis 5^{m}0 Stärke und 40^{m}0 Länge in dem Einschnitt von Barres nächst dem Bahnhof von Belfort (Mühlhausener Linie) befestigt.

Da die Einschnitte unter ausserordentlich verschiedenen Formen entstehen, so dürfte es unnütz sein, noch mehr Beispiele davon anzuführen, denn die Befestigung der Böschungen mit Einstürzen an der Oberfläche bietet so zu sagen keine grösseren Schwierigkeiten als die gewöhnlichen präventiven Arbeiten.

198. Einstürze von Massen. — Wenn die Einstürze sehr voluminös sind, so muss man im Allgemeinen folgenden doppelten Zweck zu erreichen suchen:

1. das natürliche Terrain hinter den eingestürzten Massen auszutrocknen;

2. die Einstürze zu befestigen, um nicht in die Nothwendigkeit versetzt zu werden, sie abgraben zu müssen.

199. Die Austrocknungsarbeiten könnten auf die gewöhnliche Weise ausgeführt werden, indem man das natürliche Terrain frei legt und ihm eine passende Neigung gibt, z. B. nach der Linie *AB* (Fig. 171). Immerhin aber genügt es, nachdem man eine Rinne aus Ziegeln an dem Fusse angelegt hat, eine einfache Versteinung wie in Fig. 173 anzulegen. Die Räumlichkeit der Rinne bei *A* (Fig. 171), d. h. die Dimensionen der Ziegel müssen mit der innern Wassermenge im Verhältniss stehen. Die Versteinung kann aus allen Arten von durchdringlichen Materialien bestehen, vorzugsweise aber aus sorgfältig gelegten trockenen Bruchsteinen; ihre Höhe hängt von der Distanz ab, welche die Durchsickerung *S* von der Oberfläche des Bodens trennt. Der leere Raum *EAB* wird dann mit Erde ausgefüllt, die man zuerst aus diesem Raume ausgräbt, und es genügt dann, dass die Erde einfach in Schichten von 0^{m}20 bis 0^{m}30 Stärke planirt wird. Das Stampfen ist nicht unumgänglich nothwendig.

Um die Austrocknungsarbeiten zu erleichtern, wenn die Höhe *AB* bedeutend ist, so muss die Anlage der Rinnen und der Versteinung nur theilweise und allmählig in Strecken von 3, 4 bis 5^{m}0, je nach der Tiefe des Abhanges (glacis) und der Schwierigkeiten erfolgen, welche das Ausgraben in diesem Raume *EAB* mit sich führt; und sowohl zur Sicherheit der Arbeiter als aus ökonomischen Rücksichten muss jeder partielle Abtrag zur Ausfüllung eines solchen Raumes wie *EAB* (Fig. 171), desjenigen, der vorher ausgeführt wurde, benutzt werden.

Das Längengefälle der Rinnen darf nicht geringer als 0^{m}01 pro Meter sein; es muss vorher nach dem Gefälle des Abhanges (glacis) oder nach den Ergebnissen einiger Bohrungen berechnet werden.

200. Man hält die Bewegung der eingestürzten Massen mittels Strebepfeiler von gestampfter Erde auf, die von den Einstürzen durch eine zweite Versteinung (Fig. 171) getrennt werden. An dem Fusse dieser Versteinung, welche man wie vorstehend konstruirt, muss sich die Rinne mindestens 0^{m}10 bis 0^{m}15 unter dem Glacis befinden, damit sie niemals durch eine Bewegung der Masse *M*, die gegen den Strebepfeiler *P* schiebt, zerstört werden kann.

Die äussere Böschung *A'B'* der Strebepfeiler befindet sich gewöhnlich in der Ebene der Böschung des Projekts der Einschnitte; der Kubus wie der von *A'D'B'*, welcher über *A'B'* hinausgeht, muss nothwendiger Weise weggenommen werden, um das Normalprofil zu erhalten, und man muss ihn zum Auftrage verwenden, d. h. wenn der Transport dieser Erde nicht mit einigen Schwierigkeiten verbunden

ist, in welchem Falle man sie ohne grossen Nachtheil für den Raum E verwenden könnte, der durch die Depression der eingestürzten Erde entstanden ist.

In den meisten Fällen können die Strebepfeiler mit derselben Erde des Einsturzes aufgeführt werden, d. h. wenn sie gehörig gemischt worden ist; denn wenn diese Erde thonartig ist, so besitzt sie eine grosse Kohäsionskraft und der Schuh der Masse M vertheilt sich gleichmässiger auf die ganze Länge der Strebepfeiler. Wenn sie dagegen leicht und sandig ist, so ist sie manchmal schwerer und wird durch zu viele Feuchtigkeit niemals zu weich werden, weil sie alsdann durchdringlich ist.

Um das provisorische Gleichgewicht der eingestürzten Massen nicht zu zerstören, muss man die Strebepfeiler nie anders erbauen, als in Theilen von 8 bis 10m0 Länge und angefangen von den Enden der Einstürze.

Was die gestampfte Arbeit betrifft, so muss sie so ausgeführt werden wie es bei den präventiven Arbeiten in dem Falle gezeigt wurde, wo schon früher bestandene Rutschungsbänke existiren. Wie auch die verwendete Erde beschaffen sein möge, so ist es nothwendig, dass die gleichmässig starken Schichten überall gleichmässig gestampft werden, damit die spätere Senkung regelmässig vor sich gehe.

Der Abhang (glacis) der Einstürze kann sich im Niveau des Eisenbahnplanums, darüber oder darunter befinden. Für jeden dieser besonderen Fälle sind die allgemeinen Anordnungen dieselben wie im Vorstehenden angegeben wurde; bedeutende Modifikationen kommen nur bei der Konstruktion der Strebepfeiler vor, wenn der Abhang (glacis) von einer Durchsickerung bestimmt wird, die sich tiefer befindet als das Planum. Der Strebepfeiler von gestampfter Erde muss dann auf eine Versteinung $ABCDE$ gesetzt werden, der man eine Höhe von 0m10 bis 0m15 über der Sohle der Bahnabzugsgraben (Fig. 172) gibt. Auf diese Art kann die durch die Versteinung $ABCDE$ und die Steinböschung CH gänzlich isolirte gestampfte Erde des Strebepfeilers durch die Berührung mit dem innern Wasser niemals etwas von ihrer Kohäsionskraft verlieren. Es dürfte unnütz sein, hinzuzufügen, dass die Steinböschung CH in solchem Falle mit dem Steinwurf in Verbindung steht und dass man alsdann keine Entwässerungsrinnen anzulegen braucht.

202. Die Strebepfeiler sind der wesentliche Theil der Befestigungsarbeiten bei eingestürzten Böschungen; nur sehr selten und ausnahmsweise ist es von Nutzen, das natürliche Terrain hinter den Einstürzen auszutrocknen; denn nach dem Bau der Strebepfeiler wird die einmal konsolidirte eingestürzte Erdmasse selbst eine Art von Strebepfeiler, welcher die senkrechte Fläche des festen Terrains stützt.

Im Allgemeinen bilden sich in Folge der Bewegung der Erde in den eingestürzten Massen Risse, durch welche das Sickerwasser leicht abfliesst, ohne eine zu bedeutende Erweichung zu veranlassen, welche von der Art wäre, dass die eingestürzte Erde dem Abfluss des innern Wassers aus dem natürlichen Terrain ein Hinderniss bilden.

Uebrigens werden einige Beispiele genügen, um die vorstehenden Bemerkungen noch deutlicher zu machen.

203. Einschnitt von Briel (Fig. 173 und 174). — Glacis bei 1m50 über dem Planum. Rückwärts Austrocknung. Strebepfeiler wegen der geringen Neigung des Glacis wenig voluminös. Die eingestürzte Masse mit einem Volum von beiläufig 8000 Kubikmeter hat sich nach der Vollendung der Befestigungsarbeiten nur 0m05 bis 0m06 gesenkt.

Die Trockenlegung rückwärts der eingestürzten Erde wurde für nothwendig erachtet, weil in dem Gehölz über dem Einschnitt mehrere beinahe immer mit Wasser gefüllte Gräben in der Richtung der Krone des Einsturzes bestanden. Da ferner der Nebenweg über eingestürzter Erde hergestellt worden war, so konnte man befürchten, dass der häufige Verkehr des Fuhrwerks in der schlechten Jahreszeit tiefe Geleise veranlassen würde, worin sich das Regenwasser sammeln könnte.

204. Einschnitt de la Voivre (Fig. 175). Glacis im Niveau des Planums. Das Volum der eingestürzten Erde beträgt beiläufig 70000 Kubikmeter. Konstruktion eines Strebepfeilers von 8m0 Stärke an der Basis und ein Umfangsgraben, der in einer Entfernung von 5m0 vom letzten Bruch mit hydraulischem Mörtel gemauert ist.

205. Einschnitt von Chevannel (Fig. 176, 177 und 178). — Glacis 13° Neigung. Der Ein-

sturz, welcher anfänglich beiläufig 10000 Kubikmeter betrug, wurde in Folge des nachträglichen Abtrages des Einschnittes auf 7000^{m}0 reduzirt. Dieser Einsturz, welcher auf der Pariser Seite durch eine Spalte begrenzt wurde, die gegen die Achse schief gerichtet ist, beginnt im Niveau des Planums und erstreckt sich bis 60^{m}0, senkrecht auf die Bahn gemessen.

Bau eines Strebepfeilers von Stein am untern Theil wegen der geringen Stärke des Einsturzes an der Basis, und zwischen den Punkten *AB* (Fig. 176) eines Strebepfeilers von gestampfter Erde, die von dem Einsturz oder von dem nachträglichen Abtrag genommen war.

206. Einschnitt du Grivé (Fig. 172). — Glacis von 1^{m}15 unter dem Planum. Das eingestürzte Volum ist beiläufig 2000 Kubikmeter auf einer Länge von 50^{m}0; von der eingestampften Erde wurden nur 150 Kubikmeter weggenommen. Der Strebepfeiler von gestampfter Erde fusst auf einem Steinwurf von 1^{m}05 Stärke, und um ihm mehr Widerstand zu geben, indem man sein Volum vermehrt, ohne die Breite an der Basis oder die Höhe zu verändern, erbaute man eine Mauer *m* in hydraulischem Mörtel mit $^{1}/_{4}$ Böschung zur Unterstützung des Fusses des Strebepfeilers.

Aufträge.

207. Die Arbeiten zur Befestigung der Aufträge sind wie bei den Böschungen der Einschnitte präventive oder repressive.

Man kennt alle die Uebelstände, welche der schlechte Zustand der Aufträge während des Betriebes der Eisenbahnen veranlasst, und die Schwierigkeiten, auf die man manchmal stösst, um dringende Reparaturen in geringer Zeit zweckmässig zu vollbringen. Indessen sollten nach unserer Meinung die präventiven Arbeiten, in Betracht ihrer Wichtigkeit, immer den ersten Rang einnehmen, denn es ist sehr leicht, sei es nun im Laufe der Ausführung oder selbst vor dem Beginne der Erdarbeiten, im voraus die Ursachen des Einsturzes von Aufträgen kennen zu lernen und zur rechten Zeit wenig kostspielige Befestigungsarbeiten auszuführen, durch die man bedeutenden Uebelständen vorbaut und viele Kosten erspart.

1. Präventive Arbeiten.

208. Aufträge auf geneigten Terrains. — Wenn ein Auftrag auf einem nach der Quere sehr geneigten (Fig. 48) Boden ruhen und er soll aus Erde von schlechter Beschaffenheit hergestellt werden, so ist es sehr leicht, ihm eine zweckmässige Lage zu geben, indem man das natürliche Terrain wie in Fig. 179 absatzweise abträgt und mit der dadurch gewonnenen Erde einen Strebepfeiler *C* erbaut, dessen äussere Böschung *AB* in der Böschungslinie des Auftrages liegt. Eine solche Anordnung muss offenbar der aufgetragenen Masse alle wünschenswerthe Festigkeit sichern, und die Konstruktion des Strebepfeilers *C* nebst der Steinböschung *F* ist so einfach, dass es dazu keiner weiteren Erläuterung bedarf.

209. Aufträge auf pressbarem Boden. — Im strengsten Sinne des Wortes sind alle Erdarten zusammendrückbar; indessen wollen wir hier nur von jenen reden, deren Pressbarkeit einen sehr hohen Grad erreicht, so dass sie für die Stabilität der Aufträge, welche die Erdarten tragen sollen, ein Hinderniss werden, z. B. die torfartigen Gebilde.

Bekanntlich ist der Torf ein Stoff, der sich unter dem Wasser durch Zusammenhäufung und Verderben verschiedener Wasserpflanzen bildet, die sich stets unter Wasser befinden; er ist kompakt und gleichmässig in den untern Theilen der Ablagerungen, grob und mit sichtbaren Trümmern von Gräsern in den obern Theilen.

Die Torfmoore bestehen manchmal aus abwechselnden Schichten, welche durch andere Schichten vegetabilischer Erde oder Niederschläge getrennt werden; sie liegen auf Ablagerungen von Thon, Sand oder Geschieben. Der Torf entsteht in den Niederungen von Terrains, wo das Wasser gänzlich stagnirt oder sich nur sehr langsam erneuert.

Da die Torfgebilde ausserordentlich durchdringlich sind, so entsteht also die grosse darin enthaltene Feuchtigkeit, selbst bei trockener Oberfläche des Bodens, aus dem Mangel an Gefälle von den unteren Punkten der deprimirten Schichten an, in deren Mitte sich die Gebilde erzeugt haben.

Die Torfarten sind nicht allein pressbar, sondern auch beweglich und so zu sagen elastisch; sie sind pressbar wegen ihrer Porosität, sind aber nicht sehr beweglich, weil sie mit Wasser getränkt sind.

Es gibt kein direktes Mittel, der Pressbarkeit der natürlichen Terrains abzuhelfen; nach dem Gesagten aber könnte man die Torfgebilde fester machen, wenn man sie durch zweckmässig ausgeführte Entwässerungsarbeiten von ihrer Feuchtigkeit so viel als möglich befreit.

Wenn es also bei der Annahme eines solchen Terrains, wie es in Fig. 78 dargestellt ist, möglich wäre, unter dem Auftrage und in der ganzen Stärke der Schicht BC Versteinungen AD und BC (Fig. 180) $A'D'$ und $B'C'$ (Fig. 181) in einer gewissen Distanz vom Fusse der Böschungen, und im Nothfalle andere Querrinnen $EFGH \ldots M$ (Fig. 180, 181 u. 182) anzulegen, deren Ganzes mit tiefen Gräben oder Aquadukten zur Ableitung des Wassers korrespondirt, so würde man ohne Zweifel dahin gelangen, dem Prisma $ADBC$ eine gehörige Widerstandsfähigkeit zu geben, und die Depression der Fläche AB (Fig. 180) würde in allen Fällen so gering sein, dass sie der Stabilität des Auftrages nicht schädlich wäre.

Die Anlage solcher Entwässerungsrinnen hat keine unüberwindlichen Schwierigkeiten; gehörig verspreizte Gräben können bis zu einer Tiefe von 5 bis 6m0 geführt werden. Die torfartigen Terrains haben oft eine viel grössere Mächtigkeit; ein Auftrag aber, welcher auf einem ausgetrockneten Terrain von 5 oder 6m0 Tiefe liegen würde, sollte sich, es sei denn, dass er eine sehr grosse Höhe erreiche, nicht mehr bedeutend setzen, besonders wenn man den Fuss breiter macht und den Böschungen eine zweifüssige Neigung gibt, um den Druck der ganzen Masse auf eine grössere Fläche zu vertheilen.

Bei der Austrocknung eines Morastes bei Hattenhoffen (Linie München-Augsburg) verfuhr man nach Perdonnet folgendermassen:

„Indem man darauf verzichtete, die Widerstandsfähigkeit des Terrains dieses Morastes durch das kostspielige Einschlagen von einem Wald von 12 bis 15m0 langen Pfählen oder durch Einlegen von Faschinen zu sichern, was immer bedeutende Senkungen befürchten liess, beschloss die Bauleitung, die zu durchschneidenden Theile des Morastes durch Abzugsgräben so viel als möglich zu entwässern; dann legte man schachbrettförmig und in Zwischenräumen von 0m876 viereckige Löcher von 1m168 Tiefe an welche unten 0m582, oben 0m876 Seite hatten. Diese Löcher wurden mit fetter Erde ausgefüllt, welche kein Wasser durchliess. Bei dieser Anordnung der schiefen Wände der Löcher, was den Zweck hatte die Torfmasse des Morastes zusammenzudrücken, konnte man Dämme mit solchem Erfolg aufführen, dass seit der Eröffnung der Eisenbahn gar keine Senkung stattgefunden hat.“

Der Nutzen der Werke von undurchdringlicher Erde ist am allermindesten zweifelhaft, denn selbst wenn man annimmt, dass die umgekehrten abgestutzten Pyramiden $P, P', P'', P''' \ldots$ (Fig. 183) auf Nebenseiten der Massen $p, p', p'' \ldots$ des unterbrochenen natürlichen Terrains Pressungen ausüben, so übertragen sich die Pressungen endlich senkrecht auf der Fläche AB genau wie in dem Falle der Fig. 184.

Uebrigens müssen die Befestigungsarbeiten nach Methoden ausgeführt werden, welche nach den lokalen Verhältnissen sehr veränderlich sind, und man darf es sich nicht verhehlen, dass die Verstärkung der Torfarten ernstliche Schwierigkeiten bietet.

Die Kosten der Trockenlegung mittels tiefer Rinnen müssen sich natürlich auf eine sehr hohe Ziffer erheben; es wäre dies aber ein sehr geringer Nachtheil in Anbetracht der Sicherheit der Geleise. Uebrigens würden diese Kosten sehr bald von jenen kompensirt werden, welche durch die Versenkung der Erde in den Boden, die Unterhaltung der Geleise etc. entstehen.

210. **Auftrag über einen glitschigen Unterboden.** — Als Beispiel nehmen wir die Fig. 49. Die Befestigungsarbeiten sollen zu dem Zwecke unternommen werden, die Kräfte gegen die Bewegung zu verstärken.

Wir haben gesehen, dass hier nur dann ein Gleiten nach EF stattfinden kann, wenn der Widerstand bei DH vermehrt und die Kohäsion nach HG und GA und der Reibung nach GH nur eine Summe beträgt, welche geringer ist als das relative Gewicht der Masse $ABCD$, vermehrt um $AGDH$.

Es ist also in einem solchen Falle nichts Einfacheres, den Ursachen des Einsturzes Widerstand zu leisten, als dass man einen Strebepfeiler von gestampfter Erde mit Versteinung erbaut wie in Fig. 185; da sich die äussere Böschung AB in der Böschungslinie

CB des Projektes befindet und die Basis *BD* nach der Zeichnnng angeordnet ist, so fusst der Strebepfeiler ganz oder zum grossen Theil auf dem festen Terrain unter dem Glacis.

Wenn sich übrigens die Gelegenheit darbietet, so ist man durch nichts behindert, den Strebepfeiler im voraus mit der Erde der obern Schicht *AGDH* (Fig. 186) zu errichten und auf diese Weise jede Rutschungsfläche unter dem Auftrag zu vermeiden.

211. Auftrag von Thonerde, mit Wagen herbeigeführt. — Die aus Thonerde bestehenden Aufträge, welche mit der Handkarre oder der zweirädrigen Karre herbeigeführt und in horizontalen und beinahe gleichmässigen Schichten über die ganze Breite der Profile planirt werden, werden höchstens Einstürzen an der Oberfläche ohne Wichtigkeit unterworfen sein, denen man mittels einer einfachen Besämung mit Luzerne vorbeugen kann.

Wenn die Erde mit Waggons herbeigeschafft wurde, wenn die Aufträge aus verschiedenen Theilen bestehen, wie wir es in den beiden vorstehenden Abschnitten erklärt haben, so wird es nothwendig, den beiden Hauptursachen des Einsturzes entgegenzuarbeiten, nämlich der Wirkung des Wassers und der Rutschungsflächen.

212. 1. Austrocknungen. — Es gibt kein Mittel das Durchsickern des Regenwassers gänzlich zu verhindern; alles was man in dieser Hinsicht thun kann, besteht darin, das Terrain so wenig als möglich feucht werden zu lassen. Diesen Zweck erreicht man, wenn man das Plannm mittels hölzerner Abzugsrinnen (Fig. 190, 191, 192), die im Innern getheert und nach Fig. 187, 188, 189 gelegt sind, trocken legt.

Die Längenrinnen ruhen auf dem Zentralkern, welcher immer der stärkste Theil ist, weil die Senkung desselben vollständiger und weniger fähig ist, sich zu verrücken oder zu verbiegen. Die Querrinnen *R R' R''* liegen 20^{m}0 voneinander entfernt (Fig. 187), im Allgemeinen aber liegen sie näher oder weiter auseinander, so dass man immer zweckmässige Gefälle für jeden Theil der Längenrinnen (Fig 189) erhalten kann.

Die Rinnen werden aus Tannenholz von 0^{m}02 bis 0^{m}03 Stärke mittels dreier Bohlen gemacht, welche auf eine feste Weise verbunden und vernagelt werden, so dass sie bei dem Transport, bei dem Legen und bei der Versteinung nicht auseinandergehen. Sie werden im Innern getheert und zwar wenn es nur irgend geht auf dem Bauplatze selbst, damit man sie so viel als möglich undurchdringlich macht. Die Breiten an den Enden hängen von der Dicke der verwendeten Bohlen ab; bei Bohlen von 0^{m}027 betragen sie 0^{m}20 und 0^{m}14 im Innern bei Rinnen von 2^{m}0 Länge; die mittlere Breite ist 0^{m} 17.

Die Längenrinnen liegen auf einer Bettung von hydraulischem Mörtel (Fig. 193), damit jede Einsickerung des Wassers in die Aufträge aus den Rinnen vermieden wird; die Querrinnen liegen auf der Erde selbst mit Ueberdeckung von 0^{m}30 nnd 0^{m}20 beiläufig der Oberfläche der Böschungen (Fig. 188).

Die Längenrinnen werden mit Kies, zerschlagenen Steinen oder durchgesiebten Kieseln ausgefüllt, indem man darauf sieht, dass die grössten Steine oder Kiesel auf den Boden zu liegen kommen. Die Querrinnen werden ganz einfach mit Brettern von 0^{m}02 bis 0^{m}03 Stärke bedeckt, auf die Seitenbohlen genagelt; der Graben darüber wird dann mit der Erde ausgefüllt, die man daraus ausgehoben hatte. An den tiefsten Punkten der Längenrinnen müssen die ersten Stücke der Querrinnen mit aller möglichen Sorgfalt gelegt und selbst mit starken Spitzen an die Längenröhren befestigt werden.

213. 2. Strebepfeiler. — Wir haben die Erfahrung gemacht, dass die Austrocknungsarbeiten mit hölzernen Rinnen, wie sie hier angegeben wurden, ein sehr zweckmässiges Mittel zur Befestigung der Aufträge sind; es würden diese Arbeiten sehr oft hinreichend sein, den Einstürzen von Massen Einhalt zu thun, und wir kennen kein gleiches Verfahren, um Beschädigungen an der Oberfläche vorzubeugen. Indessen kann man in vielen Fällen das Gleichgewicht der Seitenprismen *P' P'* nur durch Herstellung von Strebepfeilern aus gestampfter Erde sichern, die wie in Fig. 194 angeordnet sind.

Hinsichtlich der Handarbeit bei dem Bau der Strebepfeiler wäre hier nichts weiter zu bemerken; wir könnten nur das wiederholen, was wir darüber im vorigen Kapitel vorgetragen haben. Die Filter werden entweder in rohem Bruchstein oder von Ballast, auch wie bei dem Auftrage von Villenenve (Mühlhausener Linie) aus Schmiedeschlacken hergestellt; die Anwendung der rohen Bruchsteine aber ist vorzuziehen,

wenn sich die Kosten nicht zu hoch belaufen. Zum Stampfen bedient man sich jeder Art von Erde; die lehmartigen Erden aber geben nur dann gewisse Resultate, wenn die Arbeiten in der guten Jahreszeit und bei passender Witterung ausgeführt werden; das Einschieben von Schichten, welche durch Regen oder Thau während der Ausführung erweicht sind, kann der Solidität der Strebepfeiler höchst nachtheilig werden.

Die Dimensionen, welche man den Strebepfeilern zu geben hat, lassen sich wohl nicht genau bestimmen, denn es ist zu deren Berechnung die Ermittlung des Schubes der Massen, welche einstürzen können, erforderlich, auch müsste man mit einem hinreichenden Grade der Annäherung den Widerstand der gestampften Erde berechnen, folglich müsste man Rücksicht nehmen auf die Höhe der Massen, die Beschaffenheit der Erde, auf ihren Feuchtigkeitsgrad u. s. w., was beinahe immer unmöglich ist. Gewöhnlich nimmt man als Regel an, dass die Basis der Strebepfeiler gleich ist $\frac{1}{2}$, und ihre mittlere Höhe $\frac{1}{3}$ der Höhe der Aufträge; natürlich ist diese Regel vielen Modifikationen unterworfen.

214. Wenn die Aufträge auf natürlich geneigten Terrains liegen sollen, so wird die Basis der Strebepfeiler absatzweise (Fig. 206) wie in dem beinahe ähnlichen Falle des §. 208 angeordnet.

215. Die präventiven Arbeiten zur Befestigung der Aufträge werden im Allgemeinen erst dann unternommen, wenn man auf eine überzeugende Weise die Ursachen des Einsturzes durch einige leicht zu bestätigende Thatsachen hat kennen lernen. Indessen sind mit diesen Arbeiten immer sehr grosse Vortheile hinsichtlich der Sicherheit und Oekonomie verbunden.

216. Die präventiven Arbeiten würden noch leichter und vortheilhafter sein, wenn man sie selbst vor dem Beginne der Aufträge ausführte, wenn man im voraus die Gewissheit hat, dass diese Aufträge unter sehr günstigen Bedingungen, z. B. mit sehr feuchter thonhaltiger Erde, in Waggons transportirt etc., gemacht werden, denn in solchem Falle wäre es beinahe unmöglich, in einer geringen Entfernung für das Stampfen Erde von guter Qualität zu finden, ohne seine Zuflucht zu neuen Terrainerwerbungen, zu Ausgrabungen in der Nähe der Bahntrace oder zur Vergrösserung des Auftrages seine Zuflucht nehmen zu müssen. So könnte man mit geringen Kosten Strebepfeiler PP' (Fig. 195) aus Erde erbauen, welche man von der Bahnlinie selbst und hauptsächlich in der Fläche $ABCD$ entnommen hat.

Es wäre alsdann leicht den Rinnen R und R' zweckmässige Gefälle zu geben; in dem Falle aber, wo man genöthigt wäre Versteinungen mit Kies auszuführen, würde es nothwendig sein, die filtrirenden Stoffe aus Faschinen mit feinen und biegsamen Zweigen der Birke und des Ginster bestehen zu lassen.

Repressive Arbeiten.

217. Die repressiven Arbeiten zur Befestigung der Aufträge, die sich unter dem Einfluss von Ursachen verschieben, welche in der Steigung und der Pressbarkeit des Bodens oder in der Natur und der Tiefe des Unterbodens liegen, müssen die grösste Aehnlichkeit mit den präventiven Arbeiten haben, welche so eben für ähnliche Fälle angegeben wurden. Wir werden uns daher nur noch mit den Arbeiten beschäftigen, welche zur Befestigung der partiellen und abgesonderten Massen dienen, woraus die thonhaltigen Aufträge bestehen, und welche sich unter dem Einfluss der in den §§. 96, 97 und 100 angegebenen Ursachen in Bewegung setzen.

Nehmen wir also an, dass es sich um die Befestigung eines in der Fig. 196 dargestellten eingestürzten Auftrages handelt. Die vorzunehmenden Massregeln sind von ausserordentlicher Einfachheit, und bestehen bloss in der Errichtung eines Strebepfeilers $ABCD$ (Fig. 196 und 197), von gestampfter Erde, der von der eingestürzten Masse durch eine Steinböschung AG (Fig. 197) getrennt ist. Diese Versteinung, welche am Fusse mit Rinnen aus Ziegeln oder Holz kommunizirt, gestattet die Anwendung jeder Art von Erde zum Stampfen der Strebepfeiler; man kann demnach beinahe immer diejenige nehmen, woraus der Einsturz selbst besteht.

Man könnte wohl ohne Zweifel den Strebepfeiler der Achse des Auftrages bei $hefh$ (Fig. 196) näher setzen; er würde dann mehr Widerstand bieten, weil sich der Schub unter einem viel stumpfern Winkel a ausübt, und die Reibung würde demnach viel stärker sein; der Abtrag der eingestürzten Erde aber zur Anlage dieses Strebepfeilers würde alsdann be-

deutender und schwieriger werden, und es ist jedenfalls mit Oekonomie verbunden, vorzugsweise das Profil *A B C D* (Fig. 196) zu wählen, weil der Abtrag der eingestürzten Erde in diesem Raume nicht zu viel Schwierigkeiten bietet, dass man also in diesem Abtrage einen dem Strebepfeiler gleichen Kubus findet, und dass es übrigens nicht nothwendig ist ein neues Terrain zu erwerben.

Wenn der Strebepfeiler beendigt ist, so bleibt nur noch der Auftrag zu vervollständigen, was man in aller Sicherheit bewerkstelligen kann, nachdem man die Böschung des Einsturzes nach der Linie *EF, GH, IL* (Fig. 196 und 197) abgeschnitten, d. h. in der Art, dass die Ergänzung auf einer horizontalen oder aus horizontalen oder gegen die Achse des Auftrages etwas geneigten Theilen bestehenden Fläche ruhe.

Die Ergänzung muss, wie die Strebepfeiler vor der Wirkung des Wassers mittels einer Versteinung *P R* (Fig. 197) in Schutz gestellt werden, die sich bis zum Planum oder bis zur Krone erhebt, und mit hölzernen Entwässerungsrinnen in Verbindung steht, welche soviel als möglich auf jenem Theil hergestellt sind, der den Zentralkern des Auftrages bildet, und durch andere Querrinnen mit den Versteinungen der Strebepfeiler in Verbindung gesetzt werden.

218. Es ist leicht begreiflich, dass durch die Wegnahme eines gewissen Theiles der eingestürzten Erde am Fusse des Auftrages für die Stellen der Strebepfeiler das provisorische Gleichgewicht der Einstürze gestört zu werden scheint, oder aber, dass dessen Bewegung beschleunigt wird. Auch darf man diese Abträge je nach der Natur der Erde, ihrer Konsistenz und der Höhe des Auftrages nur in theilweisen Längen von höchstens 8 bis 10^m0 ausführen und die Strebepfeiler konstruiren.

Wir haben die Gewohnheit die Errichtung der Strebepfeiler damit anzufangen, dass wir den Fuss der Einstürze an den Enden und selbst in der Mitte in Angriff nehmen, wenn der Einsturz mehr als 40^m0 Länge hat. Der Abtrag der ersten beiden Abgrabungen wird zuerst vom Fuss des Einsturzes einen Karrenzug (relai) bis zu den Punkten *A B* (Fig. 198 und 199) transportirt, damit diese Vorräthe nahe genug bei den Räumen *D* und *E* sind, wenn sie zum Stampfen verwendet werden sollen.

Man beginnt alsdann den Abtrag der Theile *H* und *R* (Fig. 199 und 200) und bildet neue Vorräthe *A'* und *B'* am Fuss des Einsturzes, so dass das Wegnehmen der Erde nicht zu sehr die Bewegung der eingestürzten Masse begünstigt, und man fährt auf diese Art fort jeden Theil des Strebepfeilers zu stampfen und zwar so weit, dass man von *C* bis *D* (Fig. 198 und 200) eine ununterbrochene Masse von gestampfter Erde hat, welche im Stande ist eine tüchtige Widerstandsfähigkeit zu bieten und das Gleichgewicht des stehenbleibenden Volumes der eingestürzten Erde, vermehrt um das Volum der beizuschaffenden Erde zur Vervollständigung des Auftrages zu erhalten.

219. Die Ergänzung der Aufträge über den Strebepfeilern wird mit Erde von jeder Gattung bewirkt; es ist aber dringend nothwendig sie in Schichten von 0^m15 bis 0^m20 Stärke tüchtig zu stampfen, damit sie später nicht die möglich geringste Senkung erleide; denn stampft man die Erde nicht, besonders wenn sie thonartig ist, so ist man später genöthigt das Planum fortwährend aufzuhöhen, was natürlich sehr schwierige und kostspielige Arbeiten in der Zukunft erfordern würde.

Wir schliessen dieses Kapitel mit der Angabe einiger Bespiele von Aufträgen, die unter so verschiedenen Verhältnissen befestigt wurden.

220. Auftrag von Villeneuve (Fig. 201). — Der Einsturz bestand aus sehr weicher thoniger Erde, die aber eine solche Zähigkeit besass, dass die Anwendung der Hacke und der Schaufel beinahe unmöglich waren; der Abtrag und der Erdtransport geschah beinahe ganz mit der Hand. Der Einsturz wurde nichtsdestoweniger in dem Zeitraume von 8 Tagen befestigt. Der Filter wurde mit Schlacken aus den Hütten von Villeneuve bewerkstelligt.

221. Auftrag des Ceuveaux (Fig. 202). — Gemischtes Terrain von Thon und sehr feuchtem Sande. Die Strebepfeiler wurden aus eingestampfter Erde hergestellt, welche mit den Erdarten vermischt wurde, die man am Fusse des Auftrages in der Acquisitionszone abgrub. Die Filter bestanden aus rohen Bruchsteinen und Ballast. Die Befestigungsarbeiten dauerten nur 65 Tage und verhinderten niemals den Verkehr der Züge.

222. Auftrag von Vendeuvre (Fig. 203). — Erdreich thonhaltig und sehr glitschig. Der 70m0 Länge haltende Haupteinsturz wurde in 8 Tagen befestigt und die Linie konnte in Folge dieser Arbeiten zur vorgeschriebenen Zeit in Betrieb gesetzt werden.

Die Ergänzung eines grossen Theils der Böschung an der linken Seite wurde mit thonhaltiger Erde in Klumpen und in trockener Zeit ausgeführt. Diese mit Waggons auf dem Zwischengeleise herbeigeführte Erde musste schnell in Karren weggenommen und über der in Betrieb stehenden Bahn transportirt werden, um dem Betrieb der Züge nicht hinderlich zu sein, so dass die Erde dieser Ergänzung nicht gestampft worden ist. Später aber zeigten sich bedeutende Senkungen, welche, ohne der Solidität des Auftrages zu schaden, die Ursache von Unterhaltungsarbeiten wurden, welche nach dem ersten Winter sehr kostspielig waren.

223. Auftrag von Malhouhans (Fig. 204). — Thonhaltiges Terrain. Zwei bedeutende Einstürze, wovon der erste den Verkehr der Züge während vier Stunden hinderte. Filter von Ballast und rohem Bruchstein. Andere beträchtliche Einstürze wurden mit Strebepfeilern befestigt, die bis gegen die Mitte der Böschungshöhe errichtet wurden. Entwässerung des Planums mit getheerten Rinnen aus Tannenholz.

224. Auftrag von Rheiner (Fig. 205). — Thonhaltiges Terrain während des Winters mit Waggons herbeigeführt. Senkungen beträchtlich. Ergänzung der Böschung an der linken Seite und Befestigung einiger Einstürze an der rechten Seite.

Entwässerung des Planums mittels hölzerner Rinnen. Ergänzung absatzweise über dem nicht zersetzten Terrain. Die bewegliche Erde der Oberfläche wurde zuerst an dem Fuss der Böschung herabgeschafft und als Strebepfeiler gestampft.

225. Auftrag der Station Ronchamp (Fig. 206—207). — Auftrag auf einem sehr geneigten Terrain. Die Rutschung fand statt auf einer sehr dünnen Schicht Thon, die auf dem Felsen und oben 0m80 unter der Bodenoberfläche lag. Anfängliche Befestigung mittels gemauerter Arkaden und dann durch Stollen, welche mit rohem Bruchstein ausgefüllt wurden.

Im Monat Februar 1858 stürzte dieser Auftrag von neuem ein; einer der Zufahrtswege der Station wurde durch eine Senkung von 3m50 senkrechter Höhe abgeschnitten; der Einsturz rückte 4m0 auf die kaiserl. Strasse vor, und der Haupteinsturz wurde auf 70m0 Länge mit Strebepfeilern von gestampfter Erde, welche von dem Einsturz selbst gewonnen wurde, und mit einer Mauer von 1m65 Höhe über dem Fuss der Böschung nächst der kaiserlichen Strasse befestigt. Versteinung von rohem Bruchstein.

Am folgenden 26. Dezember verlängerte sich der Einsturz gegen Mühlhausen und beschädigte die zweite Zufahrtsstrasse; auf dem Planum entstand eine Senkung von 0m40 (Fig. 207), die sich bis in die Nähe des Güterschuppens ausdehnte. Dieser neuen Bewegung wurde schnell Einhalt gethan durch Austrocknungsarbeiten mit hölzernen Rinnen. Die untere Böschung erhielt dann eine Versteinung, um die Beschädigungen an der Oberfläche eines sehr mürben Terrains zu verhindern.

226. Auftrag de la Largue (Fig. 208). — Terrain aus Lehm bestehend aus den Einschnitten von Retzwiller und dem Friedhof von Dannemarie. Der Auftrag in Waggons transportirt, nach und nach ausgetrocknet durch eine Drainage des natürlichen Bodens, mit Querrinnen von Ziegeln eingefasst, mit Querrinnen aus Faschinen, Stollen mit Ziegeln ausgefüllt.

Die vom 25. November 1858 bis 31. August 1859 also auch während des Winters ausgeführten Arbeiten bestehen:

1. aus Versteinungen mit hölzernen Röhren zur Austrocknung des Planums;

2. aus Strebepfeilern von gestampfter Erde, von dem Auftrage getrennt durch Versteinungen aus rohem Bruchstein, Ziegelstücken und Kies;

3. aus einer Besämung mit Luzerne.

Vom Monat August 1859 bis zum März 1860 erhoben sich die Unterhaltungsarbeiten trotz der ausserordentlichen Strenge des Winters nur auf die durchschnittliche Summe von 7 Centimes pre Quadratmeter.

Man hatte an den Stellen, wo die zu spät begonnene Besämung nicht Vegetation genug geben konnte, um die Erde etwas vor dem Frost zu schützen, nur einige Beschädigungen an der Oberflä he (etwa 150 Meter Böschung) zu repariren.

227. Aufträge von Rosbackl (Fig. 209). — Thonerde aus dem Einschnitt Nr. 15, gemischt mit Lehm und Sand.

Der Auftrag wurde zuerst trocken gelegt:

1. durch eine Drainage des natürlichen Bodens;

2. durch Quereinschnitte, ausgefüllt mit gestampfter Erde;

3. durch Faschinen auf dem natürlichen Terrain;

4. durch Stollen, ausgefüllt mit Ziegeln oder Bruchstein.

Die definitiven Befestigungsarbeiten begannen am 24. Dezember 1858 und wurden beendet am 1. Juni 1859; sie waren dieselben wie bei dem Auftrag de la Largue, nämlich:

1. Austrocknung des Planums mit getheerten Holzrinnen;

2. Strebepfeiler aus Erde, mit Versteinungen von Kiesel, Bruchstein und Ziegelstücken;

3. Besämung mit Luzerne.

Die Unterhaltungsarbeiten bis zum Winter 1859/60 betrugen 54 Centimes pro Quadratmeter mit Einschluss einer Summe von 3643 Fr. 41 Cent. für die Reparatur eines Theils des Strebepfeilers an der linken Seite. Dieser Strebepfeiler, welcher in dem strengen Winter von 1858/59 von Thonerde war aufgeführt worden, enthielt gefrorne Schichten, welche durch die in der Nacht ausgeführte Stampfung nicht genug reduzirt werden konnten, um einer spätern Senkung vorzubeugen. Nichts destoweniger widerstand dieser Strebepfeiler sehr gut dem Schube der Erde 15 Monate hindurch bis in die letzten Tage des Thauwetters im Monat Februar 1860; nach fünfmonatlichen unaufhörlichen Regengüssen ereignete es sich natürlicher Weise, dass die Masse des inneren Wassers, indem sie den Schuh des Einsturzes vermehrte und die gefrorenen und eingeschobenen Erdschichten des Strebepfeilers noch mehr erweichte, eine Bewegung der eingestürzten Masse und das Rutschen des Strebepfeilers auf 25m0 Länge hervorbrachte. Die letzte definitive Reparatur bestand in der Widerherstellung desjenigen Theils des Strebepfeilers, welcher eine Bewegung erlitten hatte, in der Verstärkung desselben um etwa ein Viertel, und endlich in der Unterstützung des natürlichen thonhaltigen Terrains, welches ursprünglich zu nahe von dem Fuss der Böschung ausgegraben worden war, um in einem sehr dringenden Falle die nothwendige Erde zur Errichtung des Strebepfeilers zu erhalten.

228. Auftrag de Colomhier (Fig. 206). — Thonhaltiges Terrain, das vorher durch Drainageröhren entwässert war. Böschung 18m0 Höhe, eingestürzt an der linken Seite auf 60m0 Länge. Errichtung eines Strebepfeilers von gestampfter Erde. Entwässerung des Planums durch hölzerne Röhren mit Versteinungen von Kies. Versteinungen von Bruchstein zwischen dem Strebepfeiler und dem Einsturz und zwischen der Ergänzung und der aufgetragenen Masse, welche nicht gewichen war.

Der Grundriss 206bis zeigt die Anordnung der Auswässerungsrinnen.

Unterhaltungsarbeiten.

229. Wir können es ohne Rückhalt behaupten, dass die Befestigungsarbeiten wie die vorbeschriebenen alle möglichen Bürgschaften für die Dauer darbieten; die Erfahrungen von 16 Jahren haben uns hinlängliche Beweise dafür geliefert. Indessen ist es leicht zu begreifen, dass die verschiedenen Werke der Erd- und Maurerarbeit etc. unseres Systems wenigstens ein Jahr hindurch aufs sorgfältigste beaufsichtigt werden müssen, denn die Erde erleidet immerhin eine sehr bedeutende Senkung, selbst wenn sie gehörig gestampft wurde, und bei der Maurerarbeit für die Entwässerungsobjekte kann man nicht im voraus der guten Qualität aller Materialien und der vollkommenen Organisation der Arbeit entsprechen. Es ist daher wesentlich die Befestigungsarbeiten erst nach etwa einem Jahre oder wenigstens nach dem ersten Winter als definitiv zu betrachten, die Beschädigungen, welche aus der Beschaffenheit der Materialien, aus der Art und Weise wie die Arbeiten ausgeführt wurden, entstehen, während dieser Periode von einigen Monaten, nach Massgabe als sie sich zeigen, zu repariren, und allen jenen vorzubeugen, welche durch die Senkung der Erde und durch andere Verhältnisse entstehen könnten.

Die Unterhaltungsarbeiten haben also den Zweck, die schon ausgeführten Werke zu vervollständigen; sie werden folglich nach denselben Grundsätzen geleitet als die eigentlichen vorbeschriebenen Bauarbeiten. Wir werden uns desshalb damit begnügen einige derselben anzugeben, müssen aber gleichzeitig bemerken, dass der Erfolg der Befestigungsarbeiten manchmal von den Unterhaltungsarbeiten abhängt, die man

Allgem. Bauzeitung 1856

Befestigung der Böschungen an Strassen, Kanälen u. Eisenbahnen.

Fig. 206 bis (2)

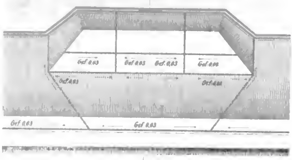


Fig. 211ᵃ

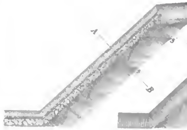


Fig. 211ᵇ

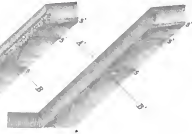


Fig. 208.

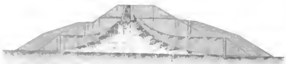


Fig. 211ᶜ

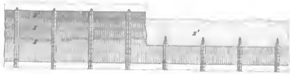


Fig. 209.

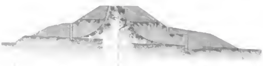


Fig. 211ᵈ

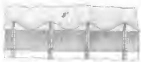


Fig. 211ᵉ

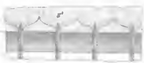


Fig. 211.



Fig. 210.



Schnitt A B in Fig. 211ᵃ



Schnitt A'B' in Fig. 211ᵇ



also nur thätigen und geschickten Arbeitern anvertrauen kann.

230. Einschnitte. — Die verschiedenen Arbeiten zur Unterhaltung der befestigten Böschungen in den Einschnitten sind besonders:

1. Die Reinigung der Banquette. — Wenn das Regenwasser über die Böschungen läuft, so führt es beinahe immer eine gewisse Quantität Erde über die Banquette, welche im ersten Jahre so bedeutend werden kann, dass dadurch der Ablauf des Wassers gegen die Cuvetten gehindert wird. In diesem Falle ist zu befürchten, dass das Wasser zwischen dem natürlichen Terrain und der zerstampften Erde eindringt, oder dass es die Versteinerungen beschädigt, indem es mit Heftigkeit über die untern Böschungen strömt.

231. 2. Wegnehmen des Schnees von den Böschungen bei Thauwetter. — Bekanntlich schützt der Schnee die Erde gegen den Frost, und es ist daher manchmal vorsichtig, ihn so lange auf den Böschungen liegen zu lassen, bis das Thauwetter bevorstehend ist. Wenn aber die Schneefälle beginnen und die Erde bereits auf 0m 15 bis 0m 20 Tiefe gefroren war, so läuft man keine Gefahr, wenn man den Schnee vor dem Thauwetter beseitigt; immerhin aber ist dann die Arbeit nicht so nothwendig als in dem vorstehenden Falle.

232. 3. Verstopfen der Spalten, welche durch die Senkung oder Trockenheit entstehen. — Das Senken der gestampften Erde oder das Schwinden derselben durch die Trockenheit veranlasst Risse auf der Böschung und besonders auf den Banquetten. Manchmal schliessen sich diese Risse durch die Feuchtigkeit z. B. bei mildem feinen Regen im Sommer, ohne dass das in die Erde eindringende Wasser zu bedeutend wäre; bei starken Regengüssen des Herbstes aber oder am Ende des Winters ist die in die Spalten laufende Wassermasse gross genug, um die Erde zu erweichen und die Verkleidungen zu beschädigen.

Es ist daher von Wichtigkeit die durch die Trockenheit oder die Senkungen der Erde sich gebildeten Spalten nach Massgabe, als sie sich bilden, zu schliessen, indem man entweder Rasen oder sehr feine vegetabilische Erde einführt, oder aber, wenn die Erde nicht zu trocken ist, indem man ein einfaches Stampfen vornimmt.

233. 4. Brechen des Eises an der Oeffnung der Rinnen. — Wie wir bereits erwähnt, ist es von Wichtigkeit, die Entwässerungsrinnen in die Abzugsgräben der Eisenbahn zu führen, damit der Abfluss des Wassers nicht durch die Bildung des Eises unterbrochen werde.

In den Fällen aber, wo in den Seitengräben der Eisenbahn nicht viel Wasser oder der Frost so stark ist, dass die Mündung der Rinnen erreicht wird, ist es dringend, das Eis von Zeit zu Zeit zu brechen, das den Abfluss des Wassers verhindern könnte und es über die gestampfte Erde der Verkleidungen treiben würde.

234. 5. Wiederbesämung der Stellen wo die erste Besämung nicht gelungen ist. — Die Stellen der Oberflächen, wo sich nach Verlauf von einem oder von zwei Monaten keine reichliche Vegetation gebildet hat, weil das Terrain nicht gehörig gelockert war, oder weil Regen und Wind die Körner fortwehten, bevor sie zum Keimen kamen, werden nach der gewöhnlichen Methode von neuem besäet. In diesem Falle bedient man sich auch mit Vortheil des Handrechens mit zwei oder drei eisernen Zähnen; die Körner werden in die vielen Löcher gesteckt, die man mit diesem Instrumente gemacht, und dann mit sehr feiner und gehörig angefeuchteter Erde bedeckt.

235. 6. Verfugen der Cuvetten. — Der Mörtel der in schlechter Jahreszeit oder kurze Zeit vor grossen Regengüssen gemauerten Cuvetten wird oft vom Wasser mitgerissen, bevor er eine gehörige Konsistenz erreicht hatte. Man muss daher diese Leitungen so oft als nothwendig ausfugen, damit das Wasser verhindert wird zwischen das natürliche Terrain und die gestampfte Erde durch die Fugen des Mauerwerks einzudringen.

236. 7. Es ist sehr selten, dass die Entwässerungsrinnen Veranlassung geben zu Reparaturen; indessen kommt das doch manchmal vor, wenn die Versteinung mit filtrirendem Material ausgeführt ist, das man nicht gehörig gewaschen oder gereinigt hat. Die Verstopfung der Abzugsrinnen von Ziegeln findet fast beinahe auf keine andere Art statt.

In diesem Falle macht sich der Abfluss des innern Wassers leicht bemerkbar durch eine ausserordent-

liche Feuchtigkeit der Verkleidungen im Winter; im Sommer zeigt sich die Feuchtigkeit, die sich in der gestampften Erde ausbreitet, an der Oberfläche der Verkleidungen durch die dunklere Farbe, welche die mit dem Wasser in Berührung kommende Erde annimmt.

237. Aufträge. — Die Arbeiten zur Unterhaltung der Böschungen von befestigten Aufträgen sind minder komplizirt; sie bestehen bloss darin, die Spalten nach Massgabe als sie sich in Folge des Schwindens der Erde erzeugen, zu schliessen, den Abfluss des Wassers, in den Abzugsrinnen, zur Trockenlegung des Planums zu beaufsichtigen und die Besämung zu vervollständigen.

Man erreicht durch die Abzugsrinnen bezüglich der Trockenlegung die ausgezeichnetsten Resultate, wenn diese Rinnen zweckmässig gelegt sind, d. h., wenn sie ein hinreichendes Gefälle haben und mit den Querrinnen in gehöriger Verbindung stehen. Im entgegengesetzten Falle würden sie nur noch zur Beförderung des schlechten Zustandes der Aufträge beitragen.

Was der Aufsicht besonders zu empfehlen, ist die Verbindung der Längenrinnen mit den Querrinnen, weil die Senkung der Erde manchmal die ersten Röhren der steigenden Rinnen verbiegen kann. Die Beaufsichtigung könnte sehr vereinfacht werden, wenn man während des ersten Jahres die Verbindung der verschiedenen Rinnen mit Stroh oder besser mit einer Faschine bedeckte, welche man wieder mit einem Rasenstück im Niveau des Planums überlegte.

Die Lambethhängebrücke in London.

Mitgetheilt von **H. Hanhart.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt 61 und 62.)

Unter den Anwendungen des versteiften Hängebogens zur Ueberbrückung beträchtlicher Spannweiten in Amerika und England verdient neben den kühnen Bauwerken von Ingenieur Roebling die Lambethbrücke über die Themse in London, nach einem Projekte von Ingenieur P. W. Barlow und unter dessen Leitung Anno 1862 ausgeführt hauptsächlich Erwähnung und Beachtung.

Mr. Roebling suchte eine Vertheilung der Last durch Versteifung der Bahn seiner Hängebrücken zu erreichen, wie das bei seiner wohlbekannten Niagarabrücke geschehen ist, wie er die Bahn der Brücke über den Alleghanyflus bei Pittsburgh als eisernes Fachwerk ausgebildet hat. Eben so versteift ist die Ende 1866 zur Vollendung kommende Ohiobrücke bei Cincinnati, welche 1500 Fuss Flussbreite überspannt und eine Hauptspannweite von über 1000 Fuss enthält, ferner die wegen Mangel an Geld unvollendet gebliebene Eisenbahnhängebrücke über den Kentucky-Fluss. Mr P. W. Barlow konstruirte allerdings die Bahn seiner Drahttauhängebrücke ebenfalls steif als sogenannte tubular girders und lässt in der ganzen Längenausdehnung über den Fahrweg und Trottoir-Querträgern eine Blechgurtung durchlaufen, doch richtete er sein Augenmerk ebenso auf die Versteifung der Bogenzwickel, der die Aufhängung der Bahn an den Tauen vermittelnden Konstruktionstheile. An der Lambethbrücke ist die erste ausgebildetere Anwendung dieser Art der Versteifung durchgeführt und wird diesem Bauwerk aus diesem Grunde ein gewisser Hauptplatz in der Geschichte der Hängebrücken anzuweisen sein.

Die Brücke überspannt die Themse zwischen der Westminster- und Vauxhall-Brücke in drei gleichgrossen Oeffnungen von je 280 Fuss von den Auflagermitten der Drahttaue aus gemessen. Die starke Steigung der Bahn gegen die Mitte des Flusses zu musste wegen der Schifffahrt eingehalten werden; die Pfeilhöhe der mittleren Oeffnung ist 24 Fuss, Breite der Brücke 32 Fuss, 20 Fuss breiter Fahrweg und Trottoirs auf beiden Seiten desselben; der zu benutzende freie Weg erhält aber durch die zwischen Fahrbahn und Trottoir hervortretenden, oben 1′ 11½″ breiten Blechlängeträger eine Verschmälerung.

Vier gusseiserne Röhrenpfeiler zu je zweien durch gusseiserne Bogen an den oberen Enden verbunden, bilden die Unterstützung der Auflagerthürme im Strom. Die Zylinderstücke, aus denen sie zusammengesetzt sind, sind 1¼" dick, 9¼ Fuss hoch und haben 12 Fuss Durchmesser. — Diese Röhrenpfeiler sind für Brücken über die Themse in London besonders passend anzuwenden, da sie in Folge der dem Themsebett eigenen Bodenformation eine sehr einfache und nicht kostspielige Fundation möglich machen, welche viel vortheilhafter und sicherer ist als die Caissonfundamentirungen oder Anwendung von Fangdämmen, welche Systeme hier bis kürzlich 1859 beim Bau von Themsebrücken in London allgemein im Gebrauch waren. Durch die neue Art Gründung, wie sie bei der Lambethbrücke ausgeführt wurde, wird die zu Tage liegende Geröllschicht, meist Sand und Kies, vollständig durchdrungen und die darunter folgende Thonschicht, unter dem Namen Londoner-Lehm bekannt, wenigstens 8 Fuss tief eingetreten, so dass dem Anno 1856 von einigen der besten Ingenieure Englands aufgestellten Grundsatze, dass die Fundamentirung von Pfeilern in diese Lehmschicht eintreten müsse, wenn Unterwaschung nicht befürchtet werden solle, vollkommen Genüge geleistet wird.

Auf dieser nichtwasserdurchlassenden Lehmschichte ist das Geröll beständig in Bewegung, welche Thatsache das Unterspülen der Pfeiler der alten Westminster- oder Blackfriars-Brücke ganz gut erklärt, da die Fundationen dieser älteren Bauwerke nicht tief genug geführt worden waren. Gerade dieses Nichtwasserdurchlassen des Lehmbodens wird bei der jetzt allgemein beim Bau von Brückenpfeilern in der Themse angewandten Gründungsmethode in Mitleidenschaft gezogen und benutzt. Ohne weitere Vorbereitungen als Errichtung von leichten Gerüsten an den für die Pfeiler festgesetzten Stellen im Flusse wird mit dem Einsetzen der hohlen, oben offenen Zylinder, welche im Anfange aus so vielen Stücken zusammengesetzt sind, das die Röhre über Hochwasser oder Fluthhöhe hervorragt, auf dem Grund des Stromes begonnen.

Im Innern dieser Röhre wird hierauf eine Baggermaschine aufgestellt, welche durch geeignete Führung nach und nach Kies oder Sand vom Innern derselben zu Tage fördert, und so ein langsames beständiges Sinken der Röhre möglich macht.

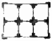
Es wird dieses befördert durch Auflegen von schweren Lasten auf die Ränder der Zylinder. Oben werden im Verhältniss mit dem Tiefergehen der Röhren neue Stücke wasserdicht angebolzt. Verband wird durch Flanschen im Innern der Zylinder hergestellt, nach aussen bieten dieselben eine glatte Fläche dar. Natürlicherweise wird die vertikale Senkung durch gehörige Vorrichtungen, mit Hülfe von Tauchern, wenn nothwendig, genau und sicher eingehalten. Sobald die Röhre auf diese höchst einfache Weise durch die Sandfläche von etwa 3 — 4 Fuss in den Lehm gedrungen ist, wird die Baggermaschine entfernt und das Wasser im Innern der Röhre ausgepumpt. Der Lehm hält das Wasser von unten ab, die Röhre selbst ist wasserdicht hergestellt, so dass von diesem Zeitpunkte an die Versenkung durch Handarbeit fortgesetzt werden kann. Das Eintreiben der Zylinder bis ungefähr 8 — 10 Fuss Tiefe im Lehm ist, wie schon erwähnt, vollständig genügend. — Sobald bei der Lambethbrücke diese nöthige Tiefe erreicht war, wurde mit Auffüllen von Béton angefangen und zwar 9 Fuss stark, nachher kam das Aussäumen der Zylinder mit 3 Fuss dickem Backsteinmauerwerk, das sich nach oben und unten in Kuppelgewölben schliesst. — Die Röhrenpfeiler der Charing-Crosseisenbahnbrücke, der Blackfriarseisenbahnbrücke, der Cannonstreetstation-Eisenbahnbrücke sind auf dieselbe Weise fundirt worden; die Blackfriarsbrücke für gewöhnlichen Verkehr, welche jetzt im Bau begriffen ist, erhält ebenfalls eine ähnliche Fundamentirung, mit dem Unterschiede jedoch, dass statt aus einzelnen Röhren die Pfeiler für die schmiedeisernen Bogen der Brücke aus je 6 Caissons, welche einzeln in die Lehmschichte eingetrieben werden, zusammengesetzt sind*).

Die Widerlager der Lambethbrücke bestehen aus 48 Fuss langen, 33 Fuss breiten und 22½ Fuss starken Massen Backsteinmauerwerk und Béton in Portlandzement versetzt, welche, um bessern Verband zu erzielen, von einem zusammenhängenden Eisenrippensystem durchzogen sind.

Die schmiedeisernen Auflagerthürme, deren im Ganzen acht vorhanden und von denen je zwei in geeigneter Höhe durch schmiedeiserne Bogen verbunden sind, liegen auf dem Mauerwerk der Widerlager

*) Vergl. Blatt 36.

und der Pfeiler auf, und erheben sich auf dem ersteren 28 Fuss, auf dem letzteren 32 Fuss hoch. Ihre Unterlagsplatten greifen mit dem Rippenwerk in die Steinmasse ein, so dass eine Verschiebung unmöglich gemacht ist; zudem stehen sie über den untern Thurmumfang vor, was einerseits Beschwerung mit Mauerwerk, andererntheils Auflagerung der Fahrbahnquerträger, bei den Röhrenpfeilern gestattet. Die Thürme selbst sind zellenartig aus Blechplatten zusammengesetzt wie nebenstehende Figur zeigt.



Winkeleisen dienen zur Versteifung des Ganzen; der Querschnitt der Blechbalkenthürme nimmt von unten nach oben ab, von 10 zu 8 Fuss Länge und von 5 zu 3 Fuss Breite. Minimaleisenquerschnitt 240 Quadrat-Zoll. $^1/_2$ Zoll Bleche. Winkeleisen $2^1/_2$, $2^1/_2$, $^1/_2$ Zoll.

Der Hängebogen der Lambethbrücke wird von 4 Drahttauen gebildet, zu je zweien über den tubular girders zwischen Trottoir und Fahrweg angeordnet. Jedes derselben ist aus 7 Strängen zusammengesetzt, von denen sich die sechs äussern schraubenförmig um den mittlern herumbewegen. Ebenso sind die einzelnen Stränge wieder aus 7 Drathseilen, auf gleich merkwürdiger Weise schraubenförmig angeordnet, zusammengesetzt.

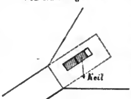
Jedes der Drahtseile besteht aus 7 Drähten, von je $^1/_{10}$" Durchmesser. Ein Tau fasst also 343 solcher Dräthe in sich, besitzt also 24 Quadratzoll Querschnitt, was einen Gesammttragquerschnitt von 96 Quadratzoll ergibt. Die 4 Taue laufen vollkommen parallel und nehmen an jeder Stelle der Brücke immer dieselbe Höhenlage ein.

Die Bahn wird von zwei Blechbalken als Längsträger und von je alle 4 Fuss angeordneten Trottoir- und Fahrwegquerträgern, über welche eine durchgehende Blechgürtung läuft, gebildet. Die Längsblechkasten sind bei einer Höhe von 2′ 3″ im Innern 1′ 6″ breit.

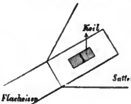
Wandungen werden von $^3/_8$" Blechen, Gürtungen von $^1/_4$" Blechen gebildet. Winkeleisen von $2^1/_2$" $2^1/_2$" $^1/_2$" bilden die Verbindung. Diese Längsblechbalken dienen nicht nur zur Aufnahme der Querträger, sondern auch zur Befestigung der durchlaufenden Blechgürtung, welche alle 3 Fuss durch Längswinkeleisen versteift ist. Die Fahrbahnquerträger sind als Blechbalken konstruirt, ebenso sollten die Trottoirträger ausgeführt werden, da aber durch Verträge mit Wasserversorgungsgesellschaften das Ueberführen von zwei ihrer Röhren festgestellt worden war, wurde die schmiedeiserne Unterstützung, wie sie aus den Zeichnungen ersichtlich ist, angenommen; eine durch Längswinkeleisen versteifte Blechgürtung dient als Unterlage für den in Portlandzement versetzten Steinbelag. —

Jene tubular girders nehmen zugleich die Versteifung, welche auf beiden Seiten der für je die nebeneinanderliegenden Taue gemeinschaftlichen Sättel angeordnet ist, auf. Die Vertikal-Verstrebung wird durch unter sich kreuzweise versteifte T-Eisen hergestellt, welche mit den Sätteln und dem Längsblechbalken durch Vernietung in festen Zusammenhang gebracht sind. Die Diagonalstreben sind Flacheisen, mit den Sätteln durch Keile, mit dem Blechbalken durch Nieten verbunden. Es muss zur Beurtheilung der Konstruktion hervorgehoben werden, dass diese Keile so angetrieben sind, dass die Diagonaleisen nur auf Zug und nicht auf Druck in Angriff genommen werden können, wie nebenstehende Skizze zeigt. Es ist ein Verschieben des Flacheisens möglich gemacht, der Keil liegt an demselben fest an, am Sattelstück hingegen hat er Spielraum, der von $^1/_4$" bis $^3/_4$" gross sich vorfindet. Der Querschnitt der Flacheisen und der Vertikalversteifung variirt mit der Höhe und Weite der Felder, deren in jeder Oeffnung 28 sind. In der Mitte jeder Spannweite finden sich die Minimalquerschnitte. In den kleinen Feldern finden wir je ein Paar Flacheisen einmal, in den grösseren bis zu acht Mal durch einzöllige Bolzen zusammengehalten.

Von Aussen gesehen.



Von Innen gesehen.



Die Fahrbahn wird von in Zement versetzten Holzblöcken gebildet, die von der Blechgürtung durch $^1/_4$" Asphaltbelag getrennt sind.

Die Geländer der Trottoirs sind als kleine Gitterwerke ausgebildet. Die obere Gürtung derselben dient als Laufbahn für die Rollen eines Laufgerüstes, welches zum Anstreichen der nicht unmittelbar zugänglichen Theile der Konstruktion diente, nun aber Besichtigung und etwa nothwendige Reparaturen leicht zu bewerkstelligen ermöglicht. — Die Chelseasuspensionbridge in London ist mit ähnlich gebauten Laufgerüsten versehen.

Die Auflagerkonstruktion wird von unbeweglichen gusseisernen Sätteln gebildet, welche zugleich für Taue und Diagonaleisen als Unterstützung dienen.

Die Art der Verankerung mag am besten aus den beigegebenen Zeichnungen ersehen werden, doch ist noch beizufügen, dass je zwei Stränge der Taue sich um eine Rolle winden, so dass je 4, 6 und wieder 4 Stränge, also 2, 3 und 2 Rollen oder Zylinder durch die drei Querbarrensysteme mit den 3 Hauptankerplatten, welche sich an das Mauerwerk der Länge nach anlehnen, in Verbindung gebracht werden. Vermittels der in Anwendung gebrachten Bolzen lässt sich ein gewisses Anziehen oder Nachlassen der Stränge bewerkstelligen. — Durch die Hauptankerplatten wird zugleich das Festhalten der Diagonalstreben vermittelt, welche Anordnung in Anschauungen der leitenden Ingenieure, die noch erwähnt werden sollen, ihre Begründung findet. — Das Gesammtgewicht des Mauerwerkes sammt den gusseisernen Ankerplatten, welche vereint das Widerlager bilden, ist etwa 2000 engl. Tonnen.

In einem Ende 1865 erschienenen Büchelchen: „The Clifton and other remarkable Suspension Bridges of the World" werden einige Notizen über die Lambethhängebrücke und die Ansichten, die den Erbauer derselben geleitet haben, vom Ingenieur P. W. Barlow selbst geliefert, veröffentlicht, und ist es am Platze, dass diese theilweise hier folgen, wobei bemerkt wird, dass Mr. P. W. Barlow dem Verfasser dieser Mittheilung dieselben Ansichten mündlich mehrmals wiederholte. Nachdem die Versteifung kurz beschrieben worden ist, folgt: „und es ist ferner zu bemerken, dass die Diagonaleisen und Vertikalstreben, welche soeben beschrieben worden sind, in Verbindung mit dem Längsblechbalken der Bahn eine vollkommen unabhängige Brücke bilden, denn es ist ganz klar, dass wenn die Vertikalstreben steif genug sind und die Diagonaleisen genügende Stärke haben, die Brücke von der Reihe dieser so gebildeten Dreiecke getragen werden würde, wenn auch die Drahttaue weggelassen würden. Was diese Bedingungen anbetrifft, enthalten die Eisenstäbe, obwohl sie ohne das Mitwirken der Drahttaue mehr als drei Mal so stark angestrengt würden, als gewöhnlich erlaubt wird, doch genügenden Querschnitt, um das ganze Gewicht der Brücke ohne Bruch zu tragen".

Ferner: „die Stärke der Brücke ist vollständig genügend. Es ist bereits erwähnt worden, dass, wenn die Bahn mit 70 Pfund pro Quadratfuss beladen ist, das Totalgewicht der Brücke und der Last, welches zwischen zwei Paar Thürmen aufgehangen wird, 560 Tonnen gross ist, welches Totalgewicht eine Anstrengung der Taue an den Auflagerspunkten von 856 Tonnen hervorbringt. Wenn $^1/_{10}$ von dieser Anstrengung, als von den Diagonaleisen getragen, abgezogen wird, ist die grösstmögliche Anstrengung der Taue 771 Tonnen, was auf den Quadratzoll-Querschnitt 8 Tonnen ausmacht, oder nur ein Fünftel der garantirten Tragfähigkeit der Taue."

Mit dieser Konstruktionsart der Versteifung sind allerdings Fachmänner der Theorie nicht einverstanden, jedoch lässt sich nicht läugnen, dass Schwankungen, die bei Hängebrücken mit bis jetzt gebräuchlicher Versteifungskonstruktion, wie die Niagarabrücke, sehr beträchtlich und folgegemäss sehr nachtheilig für die Solidität des Baues sind, sich bei der Lambethbrücke sehr gering zeigen. Die Ansichten des Herrn Ingenieur Barlow sind weitläufiger erwähnt worden, um die richtige Beurtheilung seines Werkes vom Standpunkte der Theorie leichter zu machen.

Die Lambethhängebrücke bildet die direkteste Verbindung des Westend mit der City und Londonbridgestation. Sie ist von einer Aktiengesellschaft erbaut worden und rentirt sich ausgezeichnet. Die Totalausgaben stiegen auf 48000 £., wovon die Brücke selbst 32000 £. erforderte, der Rest der Summe wurde für Widerlager und Herrichtung der Zugänge verwendet. Es wird eine Brückenabgabe erhoben von $^1/_2$ penny für den Fussgänger, etwas mehr für Wagen, deren Ertrag zu beinahe 3000 £. verpachtet ist. Die Aktionäre erhalten also über 6% pro Jahr, da Ausbesserungen so zu sagen nur beim Holzbelag nothwendig sind Es muss erwähnt werden, dass bei Ausführung der

Brücke möglichste Billigkeit und Einfachheit massgebend waren. — Der Verkehr auf der Brücke ist keinerlei Regulationen unterworfen.

Die Bauzeit umfasste etwa 14 Monate, Anfang 1863 wurde die Brücke dem Verkehr übergeben.

Zum Schlusse muss der Verfasser dem Herrn Ingenieur P. W. Barlow, F. R. S. seinen vollen Dank aussprechen, für dessen gütige Bereitwilligkeit, eine Vervollständigung seiner eigenen Aufnahmen möglich zu machen, sowie für dessen gütige Auseinandersetzungen und Erklärungen über wesentliche Anordnungen der Konstruktion der Lambethbrücke.

Ueber die Errichtung der Brückenbauten im schlammigen Grunde.

Vom Oberingenieur **Croizette Desnoyers.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt **63—68** und auf Seite 451 und 453.)

Die Eisenbahn von Nantes nach Lorient und Brest folgt in ihrer allgemeinen Richtung der Küste, so dass mit ihr und dem Innern des Landes die verschiedenen Hafenorte verbunden werden, welche in diesem Theil der Bretagne liegen. Es mussten daher die meisten Thäler durchschnitten werden, welche in ihrem Laufe an das Meer stossen und man musste nahe an ihrer Mündung die grösste Anzahl der Wasserläufe überbrücken, die sich dahin ergiessen. Die Beschaffenheit dieser Thäler und ihrer Wasserläufe verändert sich mit den verschiedenen durchschnittenen Länderstrichen; so sind im südlichen Theile, welche den Departements der Loire-inférieure und Ille-et-Vilaine angehören, die Thäler breit mit sehr geringem Gefälle und mit ungeheuren Ablagerungen von Schlamm, nicht bloss in dem Bett der Wasserläufe, sondern auch an deren Ufern, wo diese Niederschläge ausgedehnte, sumpfige Wiesen bilden, die so ziemlich im Niveau der höchsten Fluthen liegen. In dem Zwischentheile, welcher hauptsächlich den Durchschnitt des Departements du Morbihan bildet, sind die Terrainbewegungen accentuirter, die Thäler sind minder breit, und die Schlammlager haben dort eine viel geringere Ausdehnung, obschon sie noch in grosser Mächtigkeit in den Flussbetten existiren. Diese Wasserläufe, welche den starken Niveauveränderungen der Fluth und Ebbe unterworfen sind, behalten auf eine grosse Entfernung in das Land hinein beträchtliche Breiten bei, so dass sie gewissermassen Meeresarme bilden. In dem letzten Theile der Linie endlich, in dem Departement du Finisterre, wird das Terrain noch unebener, die Gipfel steigen in die Höhe, die Thäler schneiden sich tiefer ein, verengen sich und haben steilere Gefälle; die meisten Flüsse in denselben strömen in steinigen Betten, und der Schlamm erstreckt sich bis etwas aufwärts von ihren Mündungen, so dass man ihn in der Bahntrace nur noch zufällig antrifft.

Hiernach ist es begreiflich, dass die Ausführung der Eisenbahn in ihren verschiedenen Theilen mit mancherlei Schwierigkeiten verbunden war; zuvörderst der Uebergang über sumpfige Thäler auf bedeutenden Entfernungen, folglich ausserordentliche Senkungen des Bodens unter den Aufträgen und Fundamentirungen im Schlamm auf grosse Tiefen, beinahe aber immer geschützt vor den laufenden Gewässern; weiterhin grosse Kunstbauten mit sehr tiefen Fundamentirungen im Schlamme inmitten von breiten Wasserläufen, und endlich noch weiter beträchtliche Erdarbeiten, Tunnels und sehr hohe Viadukte, welche glüklicherweise unter guten Verhältnissen zu fundamentiren waren.

Mit diesen letzteren Arbeiten werden wir uns nicht beschäftigen, sondern wir werden auf eine eingehende Weise die Arbeiten einer ganz andern Art besprechen, zu welchen die Führung der Bahn auf ihren ersten zwei Dritteln im schlammigen Boden Veranlassung gab. Die Herstellung von Bauten in diesem Terrain ist immer von sehr schwieriger Beschaffenheit, besonders, wenn der Schlamm eine sehr grosse Mächtigkeit erreicht; die anzuwendenden Mittel richten sich ganz nach den Verhältnissen, und wir waren in die Lage versetzt, einen ausgedehnten Gebrauch von ihnen zu machen.

Die Bauten, welche der Gegenstand dieser Abhandlung sind, liegen sämmtlich zwischen Savenay und Quimper in den schon in Betrieb gesetzten Sektionen; wir standen demselben unter der höheren Leitung des Herrn Morandière vor, und die Ingenieure Malibran zu Redon, Sevène in Vannes und Dubreil in Lorient versahen den speziellen Dienst. Der Ingenieur Arnoux wurde mit den grossen Bauten zwischen Quimper und Landernean betraut, an welchem letzteren Punkte sich die von Nantes ausgehende Bahn an die grosse Linie von Paris nach Brest anschliesst.

I. Erdarbeiten.

Die wichtigsten Erdarbeiten, welche hier im schlammigem Grunde auszuführen waren, bestanden in den Aufträgen an den Zugängen von Redon für den Uebergang der drei Thäler des Isac, der Vilaine und des Oust, wovon die Profile in Fig. 1. 2, 3 Seite 451 verzeichnet sind.

Diese Thäler besitzen in höchstem Grade den Charakter, den wir für die erste Zone des Landes, in welchem unsere Linie erbaut wurde, angegeben haben. Sie sind breit, denn ihr Uebergang, für welchen man doch die günstigsten Stellen ausgewählt, betragen resp. 700^{m}0, 1100^{m}0 und 1300^{m}0 Länge; ihre Sohle hat kein merkliches Gefälle, korrespondirt so ziemlich dem Niveau der hohen Meereswasserstände, und bildet sehr ausgedehnte Wiesen, welche besonders morastig sind und mit den hohen Fluthen in gleicher Linie liegen, so dass sie von den geringsten Hochgewässern bedeckt werden und im Winter mehrere aufeinander folgende Monate unter Wasser stehen bleiben. Das Terrain besteht in bedeutender Stärke aus Schlamm, der von Trümmern herrührt, die sich in Folge der entgegengesetzten Wirkungen der Fluss- und Meeresströmungen abgelagert haben; dieser Schlamm hat je nach den Verhältnissen, unter denen er sich gebildet hat, eine veränderliche Konsistenz; so dass er in gewissen Theilen selbst in Torf übergeht. Im Allgemeinen aber ist zu bemerken, besonders in den Thälern des Isac und der Vilaine, dass die obere Schicht auf beiläufig 2^{m}0 Höhe bei weitem die festeste ist. Die ganze Stärke der schlammigen Schichten wechselt zwischen 8 bis 14^{m}0 in den Thälern des Isac und des Oust; in dem Thal der Vilaine beträgt die Tiefe, in der man auf die Felsen stösst, zwischen den äussersten Grenzen von 3 bis 16^{m}0; bloss in letzterer Tiefe findet man unmittelbar über dem Felsen eine 2^{m}0 bis 3^{m}0 starke sehr feste obschon noch mit etwas Schlamm gemischte Kiesschichte; das Ousthal ist dasjenige, welches den meisten Torf enthält.

Ausführungsweise der Erdarbeiten. — Da das für den Auftrag zu verwendende Material von guter Beschaffenheit war, indem es aus Schiefertrümmern oder kieshaltiger Erde bestand, so war die Erdarbeit weiter nichts, als ein Auftragen des Materials auf den natürlichen Boden und allmählige Aufhöhung desselben, nach Massgabe als sich die Aufträge in den Boden versenkten.

Diese Senkungen waren bedeutend und veranlassten an manchen Stellen der Linie Erhebungen, deren hauptsächlichsten Querprofile aus Seite 451 (Fig. 4—9) ersichtlich sind. Man bemerkt, dass ein grosser Theil des unteren Schlammes, der von dem versenkten Auftrage verdrängt ward, sich rechts und links ausgebreitet und das natürliche Terrain gehoben hat, indem es Spalten in demselben machte und es in der Art umdrehte, dass sich an gewissen Stellen die ebene Schicht senkrecht hob, wie besonders aus Fig. 6 zu ersehen ist.

Hauptdimensionen der Erhebungen. — Die aus diesen Profilen abzuleitenden Resultate in Bezug auf die Ausdehnung und die Höhe der Erhebungen sind in folgender Tabelle angegeben:

Lokalität	Profile	Höhe der Aufträge	Grösste Höhe der Erhebungen		Ausdehnung der Erhebungen	
			links	rechts	links	rechts
Isac	325	5,75	2,64	4,06	43.70	61,00
Isac	326	5,87	3,61	5,05	38.10	69,60
Vilaine . . .	417	2,79	3,26	2 04	54,80	53,20
Vilaine . . .	418	3,43	3.85	3,90	53,10	45,40
Oust	443	3,95	3,26	2,94	44,10	44,00
Oust	t	4,05	2,89	2,53	45,00	40,10

Bemerkung. Alle Höhen beziehen sich auf das Niveau des natürlichen Terrains vor den Arbeiten.

Die merkwürdigsten Erhebungen in Bezug auf die Höhe sind die des Profils 418 (Fig. 7), wo die Höhe der gehobenen Theile die Höhe des Auftrages merklich übersteigt, und die merkwürdigsten hin-

sichtlich der Ausdehnung sind die des Isacthales, wo sich die Bewegung bis beiläufig 70m0 von der Achse bemerkbar machte.

Besondere Verhältnisse der Erhebungen. Auftrag des Oust. — Diese Bewegungen zeigten sich an gewissen Punkten unmittelbar, während sie an anderen erst spät zum Vorschein kamen; das Eintreten derselben richtete sich mehr nach der Natur des Terrains als nach der Höhe der Aufträge. So war es in dem Oustthale von Nutzen, so schnell als möglich Erdarbeiten an der Stelle der Brücke (Profil 445 in Fig. 3) auszuführen, und um eine Verspätung zu vermeiden, hatte man anempfohlen von dem Profil 439 an einen Hülfsweg in sehr geringer Höhe über der Wiese zu machen; man versuchte nicht mehr als 1m0 hoch aufzutragen, und dennoch senkten sich die Aufträge unmittelbar und setzten sich nach und nach fort nach Massgabe, als man sie wieder anführte, so dass man mehr als 8 Monate gebrauchte, um nur den Damm für den Hülfsweg um 300m0 vorwärts zu bringen. Die Bewegungen haben sich also dort während der Ausführung selbst des untern Theils des Auftrages ergeben und haben sich später nicht vermehrt, als man diesen Auftrag auf seine Höhe brachte.

Auftrag de la Vilaine. — In dem Thale der Vilaine dagegen, wo die Erdarbeiten von der Seite der Stadt Redon heranrückten und eine provisorische Brücke über den Fluss geschlagen war, begann man die Aufträge in der Nähe des höchsten Theils bei Profil 422 (Fig. 2), indem man sie unmittelbar auf die ganze Höhe von beiläufig 6m0 in Angriff nahm. Anfänglich zeigte sich keine Bewegung, und erst als der Auftrag bis etwa 120m0 von der provisorischen Brücke gelangt war, machten sich bedeutende Senkungen bemerkbar und der Boden an den Zugängen hob sich; dann dehnten sich diese Bewegungen schnell aus, indem sie rückwärts hervorkamen und auf diese Art den ganzen Theil mitrissen, der im Anfange eine feste Lage zu haben schien.

Die Verspätung der Senkung in diesem letzteren Falle hatte seine Ursache in der Dichtigkeit der oberen Schlammschicht auf beiläufig 2m0 Stärke. Um diese Schicht zu brechen, genügte es nicht sie auf einer einzigen Stelle mit einem selbst hohen Auftrag zu belasten, weil sich diese Last wegen der Solidarität der verschiedenen Theile der Schicht auf eine grosse Fläche vertheilt befand und desshalb auf jeden besonderen Punkt nur einen geringen Druck hervorbrachte; sobald aber der Auftrag ein so starkes absolutes Gewicht erlangt hatte, um den Widerstand der Schicht zu überwinden, fand der Bruch statt, und nun verbreitete sich die Bewegung mit Schnelligkeit. Man hat diese Schicht ganz richtig mit einer fest gespannten Haut verglichen, welche eines gewissen Widerstandes fähig war, die aber beim Zerplatzen an einer Stelle sogleich in ihrer ganzen Ausdehnung nachgab.

Auftrag des Isac. — Ein ähnliches Ereigniss kam in dem Thale des Isac vor. Um im voraus die Senkung an dem Platz der für diesen Fluss projektirten Brücke zu bestimmen (Profil 327, Fig. 1), und zwar aus einem Grunde, auf den wir später zurückkommen werden, hatten wir an dieser Stelle einen Erdwall aufführen lassen, welcher bedeutend höher war als der Auftrag selbst; dieser Erdwall blieb einen ganzen Winter hindurch stehen, ohne dass sich die geringste Bewegung zeigte. Man schien zu dem Schlusse berechtigt, dass sich das Terrain nicht senkt, und man nahm den Erdwall weg, um die Fundamente des Baues zu beginnen; man legte den Wall etwas weiter entfernt an, und da er nun einem Theil des begonnenen Auftrages genähert war, so gab die obere Schicht nach und es fand eine bedeutende Senkung statt; man errichtete nun einen neuen Erdwall an der Stelle der Brücke, und die in dem anstossenden Theil schon bewirkte Senkung setzte sich fort, ohne indessen dieselbe Intensität zu erreichen, weil die Nothwendigkeit, dem Fluss provisorisch ein altes Bett zu erhalten, die weitere Fortsetzung des Auftrages und die Vervollständigung der absolut nothwendigen Belastung zur vollständigen Besiegung des Widerstandes des Bodens an diesem Punkt verhinderte.

Auftrag de l'Etier-du-Val. — Aufwärts von der Butte-du-Rouge in dem kleinen Thale de l'Etier du Val widerstand das Terrain anfänglich vollkommen; als aber der Auftrag ungefähr 100m0 Länge erreicht hatte, ergab sich ein plötzliches Setzen und in wenigen Minuten war der Weg völlig zu Grunde gerichtet ohne dass früher durch Risse oder andere Zeichen Besorgniss erweckt worden wäre.

Versuche über die Widerstandsfähigkeit des Bodens. — Die obige Erklärung wird noch

durch die Versuche bestätigt, welche vorher gemacht wurden, um die Widerstandsfähigkeit des Terrains zu ermitteln. Bevor die Arbeiten begannen, hatte man an mehreren Punkten der Thäler der Vilaine und des Oust gemauerte Blöcke von 2m0 in Quadrat konstruirt, deren Höhe so berechnet war, dass man pro Quadratcentimeter die doppelte Belastung von der des Auftrages auflegen konnte. Wir hatten angenommen, dass diese Blöcke in grösserer Tiefe in den Schlamm sinken würden, was aber nicht der Fall war, denn sie sanken kaum 0m40 bis 0m50 tief. Man schien daraus schliessen zu dürfen, dass sich der Auftrag bei seiner viel geringern Last pro Flächeneinheit nicht senken würde, und dennoch fand das Gegentheil statt. Der Versuch war mangelhaft, weil die absolute Belastung des Blockes viel zu schwach war. Dieses Beispiel beweist, dass man auf ähnliche Versuchsresultate nicht rechnen, oder dass man sie höchstens mit sehr grosser Vorsicht anwenden kann, damit ihre Wirkungen denen korrespondiren können, die bei den Bauten in der Wirklichkeit stattfinden sollen.

Auf folgende Art kann man sich von der Differenz der Wirkungen von zwei Blöcken gleicher Höhe und mit derselben Belastung pro Quadratcentimeter jedoch mit Basen von ungleicher Grösse überzeugen. In der That, wenn man den unter jedem Block sich befindenden weichen Schlamm als eine Flüssigkeitssäule betrachtet, so wird der Widerstand, den die Flüssigkeit erleidet, um rings um die Oberfläche zu entweichen, proportional sein dem Perimeter der Blockmasse, während der totale Druck der Oberfläche dieser Basis proportional sein wird. Es folgt daraus, dass wenn die beiden Blöcke eine quadratische Basis haben, die Seite der Basis des zweiten das Doppelte ist von der Seite der Basis des ersten, dass die der Seite der Basis proportionale Widerstandsfähigkeit bloss das Doppelte bei dem zweiten Blocke ist, während der dem Quadrat der Seite der Basis proportionale Druck viermal grösser sein wird. Man sieht also, dass selbst bei gleichem Druck pro Quadratcentimeter ein kleiner Block viel geringere Wirkung ausüben wird als ein grosser und dass folglich ein beschränkter Theil des Auftrages von dem Boden unterstützt werden wird, während ein grösserer Theil, selbst bei einer gleichen Höhe, den Widerstand des Bodens überwinden und auf demselben beträchtliche Bewegungen hervorbringen wird.

Allgemeine Bedingungen, unter denen die Bewegungen vor sich gehen. — Die zahlreichen Beobachtungen, welche wir während der Ausführung machten und von denen wir bloss die bedeutendsten angeführt, haben uns auf folgende Schlüsse geführt:

1. Dass die Senkungen in den torfhaltigen Theilen, über die man die Aufträge direkt aufführt, schnell vor sich gehen, dass sich die Seitenbewegungen nach grossen Entfernungen ausbreiten und dass die Erhebungen nicht sehr bedeutend sind, dass endlich derselbe Fall bei sehr weichem Schlamm stattfindet.

2. Dass die Bewegungen im Schlamm von mittelmässiger Konsistenz je nach der Höhe der Aufträge mehr oder minder schnell beginnen; dass sie vielleicht selbst nicht einmal vorkommen, wenn die Höhe gering ist und 2m50 bis 3m0 nicht übersteigt.

3. Dass endlich, wenn der Torf oder der weiche Schlamm mit einer Schicht kompakten Schlammes bedeckt ist, die Bewegungen nur dann stattfinden, wenn die absolute Belastung des Auftrages stark genug ist, um diese Schicht zu durchbrechen, und dass dann diese Bewegungen lange auf sich warten lassen können; dass die Unordnungen, die sich nach diesem Bruche ergeben, die bedeutendsten sind, und dass dieses Verhältniss dasjenige ist, bei welchem die Erhebungen verhältnissmässig die grösste Höhe erlangen.

Es geht daraus hervor, dass man sich bei einer Eisenbahn, wo ähnliche Bewegungen während des Betriebes die traurigsten Folgen haben könnten, aus dem Grunde, dass der Boden den Auftrag eine bestimmte Zeit hindurch getragen hat, von keiner betrügerischen Sicherheit einschläfern lassen darf, dass es von Wichtigkeit ist die Senkungen so viel als möglich hervorzurufen, oder sich wenigstens im voraus sicherzustellen, indem man auf eine grosse Ausdehnung Belastungen aufträgt, dass sich die Bauten im Gleichgewicht befinden, und dass das Terrain beim Ueberfahren von Trains nicht plötzlich nachgibt.

Querschnitte der Erhebungen. — Um die durch die Erdarbeiten entstehenden Wirkungen vollkommen zu würdigen, muss man ermitteln, welcher kubische Inhalt von Erde versunken ist. Weiter unten theilen wir das Ganze für jedes Thal

mit; es ist indessen auch im Interesse zu untersuchen, was mit jenen Theilen geschehen ist, wo sich die Bewegungen am deutlichsten zeigten. Man hat während der Ausführung der Abträge nicht diesem oder jenem Profil eine besondere Aufmerksamkeit schenken können, denn die Unregelmässigkeit der Senkungen und die Nothwendigkeit bald an dem einen, bald an dem andern Punkte nacharbeiten zu müssen, machten Ermittlungen dieser Art unmöglich; die Resultate davon sind in folgender Tabelle enthalten.

Man sieht, dass die in obiger Tabelle angegebenen Verhältnisse im Wesentlichen dieselben sind für die Thäler des Isac und des Oust und dass sie bei den Thälern der Vilaine, besonders beim Profil 418 bedeutender sind, so wie auch, dass bei diesem der totale Querschnitt über dem Boden fast gleich ist dem Vierfachen von dem des Auftrages.

Um daraus den wirklich versunkenen kubischen Inhalt abzuleiten muss man Rücksicht nehmen auf die Kompression, welche der untere Boden erleiden musste, bevor sich die Erhebungen bestimmten. Es fehlt an

Lokalität	Profile	Breite der Aufträge an der Krone	Höhe der Aufträge	Querschnitt der Aufträge	Querschnitt der Erhebungen	Verhältniss des Querschnittes der Erhebungen zu dem der Aufträge	Total-Querschnitt über den natürlichen Boden	Verhältniss des Total-Querschnittes zu dem der Aufträge
Isac	325	11,75	5,75	117	135	1,15	252	2,15
Isac	326	12,10	5,87	123	187	1,52	310	2,52
Vilaine	417	15,20	2,79	54	94	1,74	148	2,74
Vilaine	418	11,10	3,43	56	144	2,57	200	3,57
Oust	443	11,30	3,95	69	101	1,49	170	2,49
Oust	1	10,20	4,05	66	75	1,14	141	2,14

Die Höhen der Aufträge, ihr Querschnitt, die der Erhebungen, und endlich der Totalquerschnitt sind im Verhältniss zu dem Niveau des gewachsenen Bodens genommen.

Die Breiten an der Krone sind veränderlich, weil die Aufträge nicht beendigt waren, als man die Profile aufnahm. Es waren noch 0^m57 aufzutragen bei Profil 417. Die normale Breite an der Krone sollte wegen einer Verbreiterung von 2^m0, die man in der Voraussicht späterer Senkungen angeordnet, 11^m20 betragen.

Anhaltspunkten, um diese Kompression genau zu bestimmen, und nur das ist sicher, dass sie bei dem Torf bedeutend war, und dass der kubische Inhalt, der aus der obigen Tabelle abgeleitet wurde, in diesem Falle von dem wirklichen Kubus weit entfernt sein dürfte. Er würde sich eher dem für den kompakten Schlamm nähern, der minder pressbar ist als der Torf, und endlich würden die Kuben bei einem sehr weichen Schlamm, der sich wie eine Flüssigkeit verhalten würde, gleich werden. Diese Unzusammendrückbarkeit des weichen Schlammes besteht wohlverstanden nur insoferne, als das darin enthaltene Wasser nicht ausgestossen werden kann; es wäre aber diese Bedingung in den von uns betrachteten Fällen erfüllt, weil das aus dem Fusse des Auftrages vertriebene Wasser nothwendiger Weise seinen Platz in dem Boden, von der einen und von der andern Seite, finden müsste. Der Mangel an Kompression in dem weichen Schlamme scheint es sehr gut zu erklären, warum die Erhebungen im Profil 418 höher waren als in den andern Profilen, welche alle mehr Torf oder dichteren Schlamm ergeben.

Versenkungstiefen. — Nach den aufgenommenen Sektionen kann man sich annäherungsweise von der Tiefe überzeugen, bis zu welcher die Aufträge in den Boden eindringen konnten; wenn man also annimmt, dass die gesunkenen Aufträge die Form eines umgekehrten Trapez angenommen hätten, was bei dem festen Schlamm in der That der Fall war, wie wir uns zu überzeugen Gelegenheit hatten, so würden die Tiefen, bis zu denen die Aufträge in den obigen Profilen eingesunken wären, resp. 6^m60, 8^m96, 4^m97, 9^m0, 5^m95 und 4^m68 betragen. In dem nur etwas dichten Schlamme aber scheint das Sinken auf

dem grössten Theil der Breite der Auftragsbasis beinahe gleichmässig vorgegangen zn sein, wie man an den Fundamenten der Brücke auf dor Wiese St. Nikolas bemerken konnte (Blatt 63 Fig. 10) und folglich müssen die Senkungstiefen in diesem Falle etwas unbeträchtlicher sein. Man würde also bloss 8^m0 ungefähr anstatt 9^m0 für das Eindringen des Auftrages im Profil 418 haben. Bei den torfhaltigen Theilen dagegen übersteigen dio wirklichen Eindringungon des Auftrages sicherlich die oben berechnete Eindringungsmasse. So geht es aus Querprofilen, dio hier und dort aufgenommen wurden, aus dem Profil 440, und aus Bohrungen, die an der Stelle der Profile gemacht wurden horvor, dass die Aufträgo bis zn der den Felsen bedeckenden Kiesschicht eindrangen, dass die sich gesenkten Anfträge bei weitem nicht dio Formon von umgekehrten Trapezen annahmen, sondern äussore Böschungen von $1/_3$ bis $1/_2$ Neigung zeigten, und dass endlich die aufgenommenen Quorschnitte nur dio Hälfte derjenigen der gesenkten Aufträge waren, was für don an dieser Stelle angetroffenen Torf oino Kompression von 50 Prozent ergibt.

Ein ähnliches Resnltat fand man in dem Thal der Vilaine, 3 Kilometer von Redon, bei don durch die Westbahngesellschaft auf der Linie von Rennes ausgeführten Baulichkeiten. Man hatte dort ausserordentlich torfhaltende Theile durchzuarbeiten, welche alte Flussbetten zn sein schionen, und wo die Aufträge bis zum Felsen auf 10 bis 12^m0 Tiefo unter den gewachsonen Boden versanken, da sie hier und da Erhehnngen hervorbrachten, indom der Torf sehr stark gepresst wurde und der versunkene Theil schwacho äussere Böschnngen annahm.

Auf nnserer Linie aber, mit Ausnahmo des ersten Theils vom Oustthalo zwischen den Profilen 439 und 442 schienen dio Aufträgo nicht bis zum Felsen hinabgesunken zn sein; nur war alles das, was unter dieser aufgetragenen, im Ganzen 12 bis 14^m0 hohen Masse übrig bliob, offenbar ein Terrain, das sohr fest geworden war, sei es nun, dass die weichen Theile oder die Flüssigkeiten ausgetrieben, oder dass es sehr komprimirt wurdo; genug man darf keine spätern Senkungen befürchten. Und in der That sind dio Senkungen, welcho sich seit der Eröffnung der Bahn gezeigt haben, in für ein solches Terrain sehr beschränkten Grenzen geblieben.

Die veränderliche Disposition der Aufträge in dem Theil unter dem gewachsenen Boden erklärt sich durch dio mehr oder minder flüssige Beschaffenhoit des von den Aufträgen verdrängten Terrains, und hält man die Resultate dieser verschiedenen Beobachtungen zusammen, so erscheint es uns begründet anzunehmen:

1. dass in Schlamm odor dichtem Torf der untere Auftrag den Querschnitt eines umgekehrten Trapez annimmt und im Allgemeinen zu keiner grossen Tiefo einsinkt;

2. dass er in Schlamm oder Torf von mittelmässiger Dichtigkeit beinahe sonkrecht zu einor Tiefe hinabgeht, welche für die ganze Basis des Auftrages im Wesentlichen gleich, und dass diese Tiefo beträchtlich ist, ohne indessen im Allgemeinon bis zum festen Terrain zu reichen; ondlich

3. dass bei sehr weichem Schlamm und Torf der Auftrag bis znm festen Terrain einsinkt und äussere Böschungen annimmt, die um so geneigter sind als die Flüssigkeit grösser ist.

Versunkener kubischer Inhalt unter dom natürlichen Terrain. — Die nachfolgende Tabelle theilt für die drei Thäler die Nachweisungen hinsichtlich dor offektuirten Anfträge mit:

Thäler	Kubikinhalt der Aufträge			Verhältniss	
	Normale über dem natürlichen Boden *)	Versunken unter dem Boden	Effektuirt im Ganzen	der versunkenen zu den normalen Kuben	der totalen Kuben zu den normalen Kuben
Isacthal . .	69000	76000	145000	1,10	2,10
Vilainethal .	53000	100000	153000	1,89	2,89
Oustthal . .	83000	137000	220000	1,65	2,65
Total u durchschnittlich .	205000	313000	518000	1,53	2,53

Bei don Thälorn des Isac und der Vilaine sind die Verhältnisse, welche die obige Tabello ergibt, und die auf das Ganze der Uebergänge anzuwenden sind, schwächer als das Mittel derjenigen, welche aus den speziellen Profilen hervorgehen, auf die sich die vor-

*) Mit Inbegriff der Kuben für die Verbreiterung von 2^m0 an der Kroue in Voraussetzung der Senkungen, jedoch mit Ausnahme des Raumes für die Kunstbauten.

hergehende Tabelle bezieht. Diese Verminderung ist natürlich, weil die Profile, um die es sich handelt, von den bedeutendsten Erhebungen genommen wurden, und die Differenz der Verhältnisse ist hauptsächlich bei dem Vilainethal erheblich, weil in dem ersten Theil des Thales bis zum Profil 415 (Seite 451 Fig. 2) das Terrain sich beinahe nicht gesetzt hat. Bei dem Oustthal ist alles ganz anders; das für dieses ganze Thal erhaltene Verhältniss übersteigt bedentend diejenigen, welche sich auf die Profile 443 und 1 (Fig. 3) beziehen, weil es am Anfange des Thales, zwischen der Brücke des Kanals und dem Profil 442 war, wo die versunkene Masse des Auftrages die bedentendste war, während die Erhebungen in gemässigten Grenzen blieben, da die Kompression sich auf den hier gefundenen Torf sehr stark äusserte.

Dieselbe Ursache erklärt es, warum das Verhältniss bei dem Oustthale grösser als beim Isacthale, und nur etwas geringer als das des Thales der Vilaine war, obgleich die Erhebungen daselbst minder bedeutende und besonders nicht so hohe Querschnitte ergaben.

Im Durchschnitt wurde der Normalkubus bei den drei Thälern in dem Verhältniss von 2,53 zu 1 vermehrt. Die Kostenerhöhung ist noch viel grösser, weil man, nachdem die Abträge der Einschnitte und die Abgrabungen ausserhalb der Bahntrace erschöpft waren, zur Vollendung andere Stellen zur Erdgewinnung unter minder vortheilhaften Bedingungen erwerben musste. Endlich war das Auftragen wegen der kontinuirlichen Senkungen auf den Arbeits- oder Fahrwegen sehr lästig, und es war nothwendig den Unternehmern ausserordentliche Zahlungen zu bewilligen; dieser verschiedenen Ursachen wegen muss man annehmen, dass die Kosten wenigstens verdreifacht wurden, während der kubische Inhalt sich in dem Verhältniss wie 2,53 zu 1 vermehrte.

Vergleichung der verschiedenen Methoden, welche hätten befolgt worden können. — Bei diesen Resultaten entsteht die Frage, ob es nicht zweckmässiger gewesen wäre, einen andern Entschluss zu fassen und das untere Terrain vor dem Auftrage zu konsolidiren zu suchen. Man hätte z. B. diese Aufträge auf eine auf Pfählen ruhende Bettung legen können; man konnte, selbst ohne Bettung, die Anzahl der Pfähle vermehren, um das Terrain zusammenzudrücken und es widerstandsfähig zu machen; man hätte zu gleichem Zweck an gewissen Punkten die hölzernen Pfähle durch eine Pilotage in Sand ersetzen können; indessen würden alle diese Mittel mehr Kosten verursacht haben als das angewendete Verfahren. Man würde dieselben vielleicht im Gegentheil vermindert haben, wenn man Faschinenpackwerke wie in Holland gelegt hätte; wenn man aber, indem man die Belastung auf eine gleichförmigere Weise und über einer breiteren Basis vertheilte, das Sinken der Aufträge in den Boden verhindert hätte, so würden sie in einer Art von Gleichgewicht geblieben sein, das für eine Eisenbahn immer Besorgniss erregend ist. Wenn man aber in ähnlichen Terrains eine grosse Länge Eisenbahn errichten soll, so wird man ohne Zweifel genöthigt sein, zu Faschinen seine Zuflucht zu nehmen, weil es erstlich an der für die Aufträge erforderlichen Erde fehlen kann, und zweitens, weil die Kosten dann zu bedeutend werden würden; wenn endlich diese Verhältnisse sich auf eine bedeutende Erstreckung des Landes beziehen sollten, so kann man danach die Geschwindigkeit und die Zusammensetzung der Züge reguliren. Wenn aber die Länge des zu übersetzenden Morastes im Verhältniss zu der ganzen Länge der Bahn gering ist und wenn folglich die darzubringenden Opfer ihre Grenzen haben, so ist es, besonders bei der französischen Betriebsmethode, vortheilhaft, die Eisenbahnen so anzulegen, dass sie alle mögliche Sicherheit gewähren. Und wenn man zu diesem Behuf gute Erde für den Auftrag zu seiner Verfügung hat, so ist der beste Entschluss die Moräste zu überschreiten derjenige, den wir ausgeführt haben und welcher darin besteht, das ganze Setzen des Terrains so schnell als möglich zu bewirken. Man muss bedenken, dass es ein grosser Gewinn ist, dass diese Setzung vor der Eröffnung der Bahn so vollständig als möglich erfolgt sei, und zwar nicht bloss wegen der Bequemlichkeit und Sicherheit dieses Betriebes, sondern auch in ökonomischer Beziehung, weil die nachträglichen Erdauffüllungen auf einer noch freien Eisenbahn minder kostspielig sind als auf einer im Betrieb stehenden Bahn.

Senkungen seit der Bahneröffnung. — Trotz der Geschwindigkeit der Ausführung und trotzdem, dass die Aufträge keine Zeit hatten, vorher ihr ganzes Setzen zu vollenden, hat sich die Un-

terhaltung der Bahn vom Anfange des Verkehrs an in beinahe normalen Verhältnissen befunden. Es fand keine plötzliche Senkung statt, so dass der Verkehr der Züge unterbrochen worden wäre; noch mehr, die gesammten Setzungen nach Verlauf eines ganzen Winters, welcher fast unmittelbar auf die Bahneröffnung folgte, betrugen im Durchschnitt 0,41 in den drei Thälern, 0,30 in dem der Vilaine, und endlich erreichten sie ein Maximum von 1,25 auf einem einzigen Punkte dieses Thales. Der kubische Inhalt des Ballastes, der his jetzt zur Aufführung bei allen drei Thälern verwendet wurde, übersteigt nicht 10000 Kubikmeter.

Kosten. — Im Ganzen müssen die Kosten für die Erdarbeiten, welche durch die schlechte Beschaffenheit des Bodens in den Thälern entstanden, auf beiläufig 600000 Frs. berechnet werden, was bei einer Gesammtlänge von 3000^{m}0 pro lauf. Meter 200 Frs. ausmacht. Rechnet man dazu die Kosten der Aufhöhungen mittels des Ballast, so erheben sich die Kosten auf 645000 Frs. oder 215 Frs. pro lauf. Meter. Da der Fuss der normalen Aufträge im Durchschnitt 22^{m}0 beträgt, so ersieht man, dass die Kosten pro Quadratmeter nur 10 Frs. betragen, woraus man sofort den Schluss ziehen kann, dass jedes andere Verfahren, mit Ausnahme der Faschinenpackwerke vielleicht, sicherlich kostspieliger gewesen wäre.

Die Beobachtungen, welche man bei dem Uebergang der Thäler des Isac, der Vilaine und des Oust gemacht, haben sich in beschränkterem Massstabe bei einer gewissen Anzahl von Nebenthälern wiederholt. Der Kubus der an diesen verschiedenen Punkten gesunkenen Aufträge beträgt mindestens 50000 Meter und erhebt die ganze Summe der Mehrkosten der Erdarbeiten bei dem Uebergange der Thäler mit schlammigem Boden auf 750000 Frs.

Niedrige Aufträge. — Wir haben bisher nur von solchen Theilen gesprochen, wo die Aufträge eine etwas bedeutende Höhe hatten, weil es sich um Thäler handelte, welche der Quere nach durchschnitten sind. Wenn diese Höhe sehr gering ist, z. B. wenn die Bahn an der Sohle eines Thales seiner Länge nach geführt wird, dessen Wasserlauf keine grossen Hochgewässer hat, so genügt die Last der Aufträge nicht mehr, um den Schlamm niederzudrücken, und die Bahn verbleibt alsdann in jenem schwebendem Gleichgewichtszustande, auf dessen Gefahren wir aufmerksam gemacht haben. In diesen Fällen ist es nothwendig, die schlechtesten Theile des untern Bodens auf eine gewisse Dicke wegzunehmen und den Versuch zu machen, den übrigen Theil auszuwässern, indem man daselbst so tief als möglich Einschnitte macht, die man mit Steinen ausfüllt, so dass die verbleibenden Theile des Terrains drainirt werden. Das stärkere oder geringere Gefälle, das für den Abfluss des Wassers zu Gebote steht, macht dieses Verfahren mehr oder minder wirksam, und wenn die Auswässerung nicht möglich ist, so wird es zweckmässig sein, den Auftrag zuerst um 2 bis 3^{m}0 höher zu machen als er sein soll, damit der untere Boden gehörig zusammengepresst wird; es werden dadurch keine sehr grossen Kosten entstehen, wenn man sich die Möglichkeit vorbehalten kann, weiterhin den Theil des Auftrages, den man zuerst provisorisch verwendet hat, auf eine definitive Weise zu verwenden. Wenn endlich die Schlammschicht sehr stark ist, so könnte man das Terrain entweder mit kleinen hölzernen Pfählen oder mit Sandpilotagen oder endlich mit Prismen von kompakter fetter Erde komprimiren.

Einschnitte. — Abträge in schlammigem Terrain kommen äusserst selten vor; indessen kann man solche ausnahmsweise an einigen vorspringenden Theilen der Thalsohlen antreffen, denen man der Länge nach folgt. In diesem Falle ist es unausweichlich, den Schlamm oder den Torf auf mindestens 1^{m}0 Dicke unter dem Planum der Eisenbahn auszuheben und den übrigen Theil durch Steinwürfe trocken zu legen, das ausgehobene Terrain aber durch Sand oder Bruchsteine zu ersetzen, welch letztere den Vortheil haben, zum Theil in die untere Schicht einzudringen und sie folglich zu komprimiren. Ist die Stärke bedeutend, so könnte man auch, wie in dem Falle der niedrigen Aufträge Sandpilotagen oder Prismen von kompakter Erde zur Anwendung bringen.

II. Fundamentirungen auf Piloten nach der Kompression des Bodens.

Beschreibung der befolgten Methode. — In den drei Hauptthälern Isac, Vilaine und Oust, sowie in den Nebenthälern des ersten Theils unserer

Linie hatten wir eine grosse Anzahl von Kunstbauten in schlammigem Terrain zu fundiren. Wenn die Tiefe bis zum Felsen 4 bis 5m0 nicht überstieg, gründeten wir die Bauten durch Ausschöpfungen zwischen Fangdämmen oder Spundwänden. Bei bedeutenderen Tiefen würde diese Gründungsmethode, welche noch für grosse Werke angewendet wurde, wie wir später sehen werden, für gewöhnliche Bauten zu kostspielig werden; und jedesmal, wenn eine Brücke ausserhalb eines Flussbettes konstruirt werden konnte, führten wir zuerst den Auftrag aus, als ob kein Bauwerk herzustellen sei, und bewirkten auf diese Weise die Kompression des Terrains, dann nahmen wir den obern Auftrag weg und fundamentirten auf Pfählen, die durch das komprimirte Terrain bis zum Felsen eingerammt wurden.

Es ist bekannt, dass die gewöhnlichen Fundirungen auf Pfählen in schlammigem Terrain, selbst wenn sie bis zum festen Boden eindringen, vollständig der Festigkeit ermangeln, weil die gegen die Landpfeiler gelegten Aufträge den Schlamm verdrängen, der alsdann gegen die Pfähle presst und sie umzulegen strebt. Wenn die Aufträge nicht sehr regelmässig gegen die beiden Widerlager gleichzeitig ausgeführt werden, so neigt sich das ganze Werk an der am meisten belasteten Seite. Hat man diese Massregel ergriffen, so streben sich die Widerlager einander zu nähern, und wenn man endlich Verrückungen, Brüche von Materialien oder noch grössere Unfälle vermeidet, so wird die Brücke doch stets in einem Besorgniss erregenden Gleichgewichtszustand verbleiben. Wenn man dagegen früher bei der Ausführung des Auftrages an der Stelle des Bauwerks auf das untere Terrain den ganzen Druck hervorgebracht hat, den es später aufnehmen soll, so besitzen die Pfähle, die zum Theil in den gesunkenen Auftrag, zum Theil in das komprimirte untere Terrain eingedrungen sind, eine grosse Standfestigkeit und haben übrigens später keinen Seitenschub zu ertragen, weil die anfänglich an den Widerlagern ausgeführten Aufträge schon ihre ganze Wirkung gemacht haben.

Dieses Verfahren, wodurch die Bedingungen der Festigkeit der Fundamentirungen auf Piloten verbessert werden, ist gleichzeitig mit Oekonomie verbunden, denn die Belastung durch Aufträge, wovon ein grosser Theil wieder weggenommen und später benutzt wird, vermehrt die Gesammtkosten offenbar nicht bedeutend.

Diese sehr einfache Methode würde von unfehlbarem Erfolge sein, wenn sich das untere Terrain vor der Erbauung des Werkes ganz so weit setzen würde, als es dazu fähig ist. Leider ist es aber nicht so, und es muss das Verfahren, obgleich es sehr nützlich ist, wenn man es bei einer Gründung auf Piloten verwenden kann, in gewissen Fällen durch nachträgliche Massregeln vervollständigt werden. Wir theilen mehrere Beispiele dieser Fundamentirungen mit.

Brücke über den Brivet. — Die erste Brücke über den Brivet bei Pontchâteau (Blatt **63** Fig. 1, 2, 3) ist eine gemauerte mit einem Stichbogen von 10m0 rechtwinkliger Spannweite und 11m55 Oeffnung in schiefer, einen Winkel von 60° bildenden Linie. Der schieferartige Felsen liegt beiläufig 7m0 unter dem gewachsenen Terrain und 4m75 unter der Fundamentebene. Die Höhe des Auftrages ist 4m60, das Terrain besteht aus einer Torfschicht von 0m80 Stärke, die eine dicke Schicht dichten Schlammes bedeckt, welche sich bis zum Felsen erstreckt. Der vorher auf der Brückenstelle aufgetragene Damm brachte die in Fig. 2 angegebene Wirkung hervor; die Form des gesenkten Auftrages ist im Allgemeinen die eines umgekehrten Trapezes, und man sieht, dass die Kompression stark war, wie es sich auch von diesem Terrain erwarten liess, denn der Querschnitt des versenkten Auftrages ist offenbar viel grösser als der der Aufquellungen; der Druck wurde übrigens durch die Thatsache sehr augenscheinlich gemacht, dass man, während vor den Arbeiten das Terrain sehr durchdringlich war, nach der Wegnahme des Auftrages und nach geschehener Ausgrabung bis 1m30 unter der Fundamentebene oder 3m0 unter dem gewachsenen Terrain diese Baugrube mit der grössten Leichtigkeit ausgeschöpft erhalten konnte. Unter diesen Verhältnissen müssen eingerammte Pfähle eine grosse Standfestigkeit haben, und in der That hat sich an der Brücke nicht die geringste Bewegung gezeigt. Der Erfolg dieser Fundamentirungsmethode war also in diesem Falle ein vollständiger.

Die Details des Rostes für die Fundamentirung sind aus den Fig. 4 bis 8 ersichtlich. Die Pfähle, 224 an der Zahl für die ganze Brücke, haben 0m30 Durchmesser, sind im Durchschnitte 4m50 tief einge-

rammt und stehen $0^{m}90$ in einer Richtung und $1^{m}04$ in der andern Richtung voneinander, so dass also auf jeden Pfahl eine Belastung von ungefähr 9300 Kilogr. kommt. Sie sind in der Längenrichtung durch aufgezapfte Langschwellen von $0^{m}30$ und $0^{m}22$ verbunden, worüber die Rostbohlen von $0^{m}10$ Stärke genagelt sind. Das Pfahlwerk ist ausserdem der Quere nach durch zwei Reihen Zangen und durch Helme verbunden, und endlich sind die Fundamente der beiden Widerlager durch vier Reihen Zangen und ein Gurtholz gegeneinander verstreht; eine ausreichende Massregel im vorliegenden Falle, wo die Pfähle eine geringe Länge haben und in einem kompakten Terrain eingetrieben sind.

Die Kosten dieser Fundamentirung waren in Pausch und Bogen folgende:

Versunkene Aufträge und Erhebung der Aufträge über das natürliche Terrain . .	3349
Der eigentliche Erdaushub unter diesem Terrain	2564
Holz und Eisen zum Rost, mit Einschluss der Ramm- und Zimmermannsarbeiten .	14402
Mauerwerk aus trockenen Steinen oder Steinwürfen	1979
Wasserschöpfen, Aufsicht und verschiedene Ausgaben	1571
Summe	23865

Die ganze Oberfläche der Roste ist $171^{m}0$, die ganze Tiefe zwischen dem natürlichen Terrain und dem Felsen ist ungefähr $7^{m}0$. Die Kosten des Quadratmeters Fundament in dieser Tiefe sind also $\frac{23865}{171} \times 140$ Frs. und die des Kubikmeters 20 Frs.

Brücke der Wiese St. Nikolas. — Diese Brücke liegt in dem Thale der Vilaine nächst dem Profil 419 (Seite 451 Fig. 2) und ist in der Fig. 9, 10 u. 11 (Blatt 63) dargestellt. Sie hat $15^{m}0$ Spannweite und besteht aus zwei gemauerten Widerlagern mit einer eisernen Ueberbrückung, die in der Zeichnung nicht angegeben ist. Der Felsen liegt 11 bis $12^{m}0$ unter dem gewachsenen Boden und das dazwischen liegende Terrain besteht aus einer Schicht kompakten Schlammes von ungefähr $2^{m}0$ Stärke, aus einer beiläufig $8^{m}0$ starken Schicht Torf, und endlich aus einer untern Schicht Torf, die eine sehr grosse Quantität noch sehr harten Holzes enthält, durch welche die Pfahlspitzen nicht immer dringen konnten; die Höhe des Auftrages ist $4^{m}60$; er machte die in Fig. 10 angegebene Wirkung auf das Terrain, und es fand das Setzen an dem grössten Theil der Basis des Auftrages beinahe in demselben Grade statt, wie wir es in dem Abschnitte I über die Erdarbeiten schon angeführt haben; die Versenkung betrug etwa $8^{m}0$ und folglich wurde die Stärke des natürlichen Terrains unter dem versunkenen Auftrage auf $3^{m}0$ bis $4^{m}0$ reduzirt. Dieses untere Terrain wurde von der Last des über $12^{m}0$ hohen Auftrages offenbar sehr zusammengepresst und es mussten daher die mit dem letzten Drittel ihrer Länge in dieses komprimirte Terrain reichenden, mit den übrigen zwei Dritteln aber im Auftrage stehenden Pfähle vor jeder Abweichung von der geraden Linie geschützt sein. Indessen hat man es in Folge von Bewegungen, welche an andern Punkten stattfanden, was wir später erklären werden, als zweckmässig erkannt, nach dem Bau der Brücke St. Nikolas eine Betonbettung von $1^{m}0$ Stärke anzubringen, um die Widerlager gegeneinander zu verstreben.

Die Anordnung des Rostes, dessen Details in Fig. 12, 13 und 14 angegeben sind, ist eine ähnliche wie bei der Brücke von Brivet. Es wurden 152 Pfähle von $0^{m}30$ Durchmesser im Durchschnittt $8^{m}53$ tief eingeschlagen und stehen in einer Richtung $0^{m}90$ und in der andern Richtung $1^{m}0$ von Achse zu Achse auseinander, so dass jeder Pfahl eine Last von 11000 Kilogr. trägt. Die Langschwellen haben $0^{m}30$ bis $0^{m}35$ Breite bei $0^{m}23$ bis $0^{m}24$ Höhe. Zur Verstrebung der Widerlager hat man ausser der erst später eingelegten Bettung, da solche Strebehölzer wie bei Brivet hier eine zu grosse Länge erhalten hätten und sich deshalb leicht neigen könnten, eine Reihe von Pfählen in der Spannweite eingerammt und über dieselben Rahmen mit Ueberkreuzungen gelegt, um eine gehörige Verstrebung zwischen den Pfahlköpfen zu bilden.

Diese Anordnungen genügten nicht vollständig und verhinderten nicht eine geringe Neigung der Pfähle zueinander, was ein wahrnehmbares Abweichen des oberen Theils des Mauerwerks zur Folge hatte, indem sich die Widerlager etwas um die Bettung drehten. Diese Wirkung beweist, dass sich der von den Aufträgen verursachte Druck auf ein Niveau äusserte, das beträchtlich unter dem der ausgeführten

Bettung lag, und dass diese folglich etwas tiefer hätte angelegt werden müssen.

Die Kosten dieser Fundamentirung waren:

Werth des versunkenen Auftrages und Wegnahme des Auftrages über dem natürlichen Terrain	5352 Fr.
Der eigentliche Aushub unter diesem Terrain, Wegnahme der Erderhöhungen etc.	11000 „
Zimmermannsarbeiten bei dem Rost mit Materialien und Einrammen der Pfähle	13734 „
Die Betonbettung nebst Erdaushebung .	4040 „
Unterhaltung der Baugrube, Wasserschöpfung, Aufsicht und verschiedene Ausgaben	6410 „
Summa	40536 Fr.

Die ganze Fläche der Fundamentroste ist 114^{m}0; die mittlere Tiefe zwischen dem natürlichen Terrain und dem Felsen beträgt mindestens 11^{m}50; die Kosten des Quadratmeters Fundament in dieser grossen Tiefe belaufen sich also bloss auf

$$\frac{40536}{114} = 355 \text{ Fr.}$$

und die Kosten des Kubikmeters auf 31 Francs.

Es ist demnach diese Fundamentirung unter ökonomischen Verhältnissen bewirkt worden, und es hat in dieser Beziehung die Anordnung der Piloten nach der Kompression des Bodens in diesem Falle bei weitem mehr Vortheile geboten als bei der Brücke von Brivet, denn da bei dieser letzteren die Tiefe eine mässige war, so hätte man ohne grosse Kostenerhöhung eine andere Gründungsmethode anwenden können, z. B. dass man direkt auf dem Felsen in einer verspreizten Grube mit Wasserausschöpfung fundamentirt hätte. Bei der Wiesenbrücke St. Nikolas dagegen wäre es schwierig gewesen den Felsen bei 11 oder 12^{m}0 Tiefe in dem Schlamm direkt zu suchen und jedes andere Verfahren als das angewendete würde die Kosten bedeutend erhöht haben.

Isacbrücke. — Damit ein ganzer Erfolg bewirkt wird, ist es in allen Fällen nothwendig, ein vollständiges Setzen zu erzielen, und ist dies nicht möglich, so wird man sofort zu starken Ausgaben veranlasst. So befand sich die Brücke über den Isac (Profil 327, Fig. 1, Seite 451) dem Anschein nach unter etwas besseren Verhältnissen, während sie eine sehr grosse Aehnlichkeit mit der Wiesenbrücke von St. Nikolas zeigte. Sie sollte nämlich ebenfalls 15^{m}0 Spannweite haben, und aus zwei gemauerten Widerlagern mit einer eisernen Fahrbahn bestehen; die Tiefe des Felsens aber war etwas geringer, und da der Auftrag höher war (5^{m}80 anstatt 4^{m}60), so schien es, als ob er noch leichter in den Boden einsinken würde. Es fand aber das Gegentheil statt, und wie es bereits in dem Abschnitt über Erdarbeiten berührt wurde, ein erster Damm, der einen ganzen Winter hindurch am Platze blieb, brachte keine Wirkung hervor; der zweite Damm aber, der später aus einer beträchtlichen Erdmasse hergestellt wurde, veranlasste nur ein beschränktes Setzen von 3^{m}50 an dem einen, und 2^{m}0 an dem andern Widerlagspfeiler. Es verblieb also unter dem Auftrage bis zum Felsen eine Schicht schlechten Terrains von 8^{m}0 bis 9^{m}50 Stärke.

Unter diesen Umständen waren die Pfähle gegen einen Seitendruck nicht hinlänglich geschützt, und in der That, als man den Auftrag hinter dem zweiten Landpfeiler vervollständigte, drückte er diesen Pfeiler etwas, so dass an den Rahmen der Verstrebung eine geringe Krümmung entstand. Nun wurde eine Bettung nothwendig und wurde auch in der That ausgeführt, nämlich aus Beton mit 1^{m}0 Stärke, wie die der Wiesenbrücke St. Nikolas.

Die Kosten stellten sich folgendermassen heraus:

Versunkener Auftrag, Herstellung und Aufhöhung der beiden Dämme	16600 Fr.
Ausgrabung der eigentlichen Baugrube unter dem natürlichen Terrain ungefähr	5000 „
Herstellung des Pfahl- und liegenden Rostes	16489 „
Bettung von Beton, Holz zur Abspreizung etc.	4153 „
Unterhaltung des Isacbettes, Wasserschöpfen, Aufsicht und verschiedene Ausgaben	10800 „
Summa	53042 Fr.

Die Oberfläche der Fundamente ist 124^{m}0; die mittlere Tiefe zwischen dem natürlichen Terrain und dem Felsen beträgt beiläufig 11^{m}0; die Kosten des Quadratmeters Fundament in dieser Tiefe unter den angegebenen besonderen Verhältnissen betragen also

$$\frac{53000}{124} = 427 \text{ Fr.}$$

und die Kosten des Kubikmeters 39 Fr.

Die Oustbrücke. — Bei dieser im Profil 445, (S. 451, Fig. 3) liegenden Brücke waren die Schwierigkeiten viel grösser. Sie besteht (Blatt 63 Fig. 15—21) aus zwei Land- und zwei Mittelpfeilern aus Mauerwerk mit eisernen Fahrbahnen von 15 und 18m0 Spannweite. Der mit einer schwachen Kiesschicht bedeckte Felsen liegt in Tiefen von 10 bis 13m0 unter dem gewachsenen Boden; die Höhe des Auftrages beträgt beiläufig 4m0. Die Brücke wurde, in einer Ableitung (dérivation) geschützt vor den Wasserströmungen, wie bei der Isacbrücke gelegt. Es war mit vieler Mühe verbunden, den Belastungsdamm (cavalier de chargement) zu errichten. Zuvörderst musste man ihn mit der von der Seite von Redon genommenen Erde herstellen; er versank aber in dem Schlamme zwischen Profil 439 und 442 (Seite 451, Fig. 3), und man musste 8 Monate warten, bevor man ihn passiren konnte. Während des folgenden Winters blieb das Thal lange mit Wasser bedeckt, was es unmöglich machte, die Erde bis zur Baustelle der Brücke zu transportiren, und endlich war man genöthigt eine provisorische Brücke über den Oust anzulegen und den Erdtransport von dem rechten Ufer zu bewirken; diese Arbeit aber war eine langwierige und man sah sich nothwendiger Weise gezwungen, die Brücke in dem Winter von 1861 und 1862, d. h. unter den für ein solches Terrain schlimmsten Verhältnissen zu gründen. Das Setzen der Aufträge war bedeutender als bei der Isacbrücke, denn es erreichte ungefähr 5m0; man war aber genöthigt, nach der für den Oust erforderlichen Tiefe des Fahrwassers den Rest der Fundamente tiefer als bei der Isacbrücke zu legen; dieser Umstand, in Verbindung mit den Folgen der schlechten Jahreszeit, machten die Schwierigkeiten bei den Landpfeilern ungleich verwickelter. Nach Massgabe, als man versuchte die Baugrube tiefer zu legen, um das Niveau für den Rost zu erreichen, erhob sich das durch den Druck des nächsten Auftrages verdrängte untere Terrain, und jede Nacht stieg die Sohle der Baugrube wieder um so viel, als es am vorigen Tage gelungen war sie tiefer zu legen. Indessen, man musste um jeden Preis zum Ziele gelangen, denn es war dieser Bau am meisten im Rückstande und unterbrach selbst lange Zeit hindurch die Verbindungen zum Legen der Schienen; auch verwendete man drei Monate hindurch zu den Ausgrabungen bei den Landpfeilern mehr als 100 Menschen, deren Arbeit in der ersten Zeit kein sichtbares Resultat lieferte. Erst als die nächsten Aufträge auf eine grössere Tiefe in dieses Terrain versunken waren, bloss auf 3 bis 4m0 (Fig. 15), konnte man die Ausgrabungen vollenden und die Fundamente zu Ende führen. Bei den Mittelpfeilern dagegen kamen keine ernstlichen Schwierigkeiten vor, weil der Fuss der Aufträge entfernt davon war und das Terrain keine grosse Tendenz zur Erhebung hatte. Die an den Landpfeilern beobachteten Wirkungen aber waren für die Stabilität des Baues Besorgniss erregend; die ersten am rechtseitigen Landpfeiler eingeschlagenen Pfähle waren unter die Brückenöffnung wenigstens 2m0 von ihrer ursprünglichen Stellung gedrückt, wie aus Fig. 16 zu ersehen; man musste daher ein sehr festes Verstrebungssystem in Anwendung bringen. Zu diesem Zwecke begann man die horizontalen Rahmen (Fig. 24) zu verdoppeln, indem man eine zweite Reihe 1m50 über den ersten legte; gleichzeitig verband man diese Rahmen unter sich durch Andreaskreuze, so dass die senkrechten parallelen Gebinde gebildet wurden (Fig. 23, 24 u. 25), in der Art, dass die Bettung im Ganzen ein sehr festes gezimmertes Gestell ausmacht, das sich nach keiner Richtung biegen kann. Die Sicherheit war also hergestellt, doch hatte man die Besorgniss, dass dieses hölzerne Gestell auf die Länge keinen hinreichenden Widerstand zu leisten vermöge, und man füllte desshalb die Zwischenräume des Gerüstes mit Beton aus. Das System der Verstrebung ist daher ausserordentlich vollständig, denn das Zimmerwerk widerstand den Bewegungen, welche sich während der Zeit, wo der Beton noch weich ist, zeigen könnten, und später wird dieser in dem Falle, der uns nicht wahrscheinlich vorkommt, dass die Hölzer schwinden und den Bewegungen Spielraum lassen würden, vollkommenen Widerstand entgegensetzen. Dieses Verfahren ist offenbar kostspielig, doch ist es unter schwierigen Verhältnissen zu empfehlen, und es wird nach unserer Meinung der hölzerne Rahmen allein in den meisten Fällen ausreichen.

Von der Ausführung der Bettung und während des Baues der Widerlager selbst wurden einige besondere Anordnungen getroffen. Da der linkseitige Landpfeiler der zweite in der Ausführung war, so bedeckte man nach der bei dem ersten Landpfeiler

gemachten Erfahrung den ganzen Grund des Widerlagers (Fig. 16) mit Pfählen, ohne einen Raum zwischen den Flügelmauern zu lassen, und das Mauerwerk des Landpfeilers wurde rings umher geschlossen (Fig. 19). Diese Massregeln sind vortrefflich, wenn die Besorgniss stattfindet, dass die Bewegungen ihr Ende noch nicht erreicht haben. In der That hat sich an der Ousthrücke nach dem Bau keine Bewegung gezeigt, und wenn die Fundamentirung sehr kostspielig war, wenn man vielleicht aus übergrosser Vorsicht alle Vorsichtsmassregeln vereinigte, so hat man doch den beabsichtigten Zweck auf eine sehr vollständige Art erreicht.

Die Kosten dieser wichtigen Fundamentirung waren folgende:

Belastung der Brücke und Entlastung des Theils über dem natürlichen Terrain, so wie Werth des gesenkten Auftrages	46429 Fr.
Ausgrabungen für den Mittel- und Landpfeiler, Wegnahme des von dem Auftrage verdrängten Schlammes, Widerbelastung mit Dämmen etc.	75060 „
Pfahlrost	38442 „
Bettung (Holzwerk und Beton)	38313 „
Mauerwerk mit trockenen Steinen oder Steinwürfe	2285 „
Allgemeine Kosten	6705 „
Summe	207234 Fr.

Die totale Oberfläche der Kosten des Fundaments beträgt 300^{m}0, die Tiefe des natürlichen Terrains bis zum Felsen 10 bis 13^{m}0, die Kosten des Quadratmeters auf

$$\frac{207234}{300} = 690 \text{ Fr.}$$

und die Kosten pro Kubikmeter auf 60 Fr.

Diese Kosten sind bedeutender als die der vorhergehenden Fundamentirungen; man muss aber in Betracht ziehen, dass sich der Ausführung der Arbeiten eine grossen Anzahl von ungünstigen Umständen entgegen stellte. Wenn die Belastung früher und so ausgeführt worden wäre, als es projektirt war, wenn der Damm (cavalier) länger an Ort und Stelle geblieben wäre, wenn endlich die Ausgrabungen in der schönen Jahreszeit stattgefunden hätten statt beim Regenwetter, und wenn aller Schlamm des Morastes verdrängt worden wäre, so würden die Kosten für die Erdarbeiten, die einen grossen Theil der Gesammtausgaben bilden, leicht um die Hälfte vermindert worden sein. Im weitern Verlaufe werden wir, bei Vergleichung der verschiedenen Fundamentirungsmethoden unter sich, untersuchen, ob es vortheilhaft gewesen wäre bei der Ousthrücke anderweitig zu verfahren, und ob das erlangte Resultat unter den widerwärtigen Verhältnissen, in denen sich die Arbeiten befanden, zu theuer erkauft worden ist.

Brücke über den Kanal nächst dem Isac. — Diese Brücke (Fig. 26—30) schliesst sich an die vorstehenden an, weil der eine Landpfeiler auf Pfählen gegründet wurde; indessen fand hier keine vorhergehende Kompressien des Bodens statt, denn da die Brücke in dem gegenwärtigen Bett hergestellt werden musste, so war es nicht möglich daselbst Anfträge auszuführen. Uebrigens hatte man geglaubt, dass die Unterlassung dieser Massregel ohne Nachtheil sein würde, denn die Länge der Pfähle war nicht beträchtlich, bloss 5 bis 7^{m}0 (Fig. 28), und man hatte sie an dem obern Theil duch Steinwürfe von 2^{m}0 Dicke gehörig gefestigt. Der andere Landpfeiler war bei Ausschöpfung des Wassers direkt auf den Felsen gegründet worden. Als man an dem linken Landpfeiler Erde aufführte, machte er eine Bewegung gegen den Kanal, wesshalb man sich beeilte bei M in Fig. 29 eine Verstrebung einzubringen; da man aber wegen der schiefen Linie damals keinen festen Stützpunkt hatte, um bei dem Punkt D Verstrebungen anzulegen, so rückte dieser Theil des Landpfeilers in der Richtung der Verlängerungen CD vor; gleichzeitig erlitt das Ende der Mauer ebenfalls den Schub des Auftrages, und es rückte dieses Ende in der Verlängerung von EF vor, so dass in dem Zwischenraume ein Bruch stattfand und sich bei L in Fig. 30 eine breite Spalte bildete.

Um dieser sehr beunruhigenden Bewegung Einhalt zu thun, wendete man gleichzeitig mehrere Mittel an; man grub die Aufträge hinter dem Widerlager ab, rammte rückwärts eine Anzahl von Pfählen ein, wie in Fig. 28 und 29 zu sehen, gab diesen Pfählen eine geringe Neigung in entgegengesetzter Richtung des Schubes und bedeckte sie mit einem Bohlenbelag, auf welchem dann der Damm aufgeführt wurde. Der Druck der Erde auf den Schlamm ist also von der Brücke entfernt worden und die Neigung des Rostes hat die Folge, dass die ihn tra-

genden Pfähle dem Druck nicht nachgeben können, wenn er die Last des Auftrages hebt, die darüber aufgeführt ist. Gleichzeitig gründete man auf dem Felsen, um einen gehörigen Stützpunkt vor dem Ende D des Landpfeilers zu erhalten, in der entgegengesetzten Böschung des Kanals ein Betonmauerwerk, gegen das man nach dem Festwerden eine Verstrebung N legte; bei dem nächsten Schifffahrtsstillstande ersetzte man die provisorische Kensolidirung durch eine Betonbettung. Damit endlich der auf diese Art von dem Schub der Aufträge zum grossen Theil entlastete und an seinem Fuss von der Bettung gehaltene Landpfeiler auch am obern Theil gestützt werde, brachte man an den Blechbalken der Fahrbahn Konsolen an (Fig. 34 und 35.)

Diese Massregeln waren vollkommen ausreichend, die Nothwendigkeit aber, die nns dahin brachte sie zur Anwendung zu bringen, liefert den Beweis, wie wenig Festigkeit die Fundamentirungen auf Pfählen selbst bei einer geringen Länge der Pfähle besitzen, wenn man nicht von Anfang an die geeigneten Mittel zur Verhinderung von Answeichnngen ergreift.

III. Fundamentirungen mit ausgezimmerten Schachten.

Uebergang der Vilaine bei Redon. Allgemeine Dispositionen. — Die Eisenbahn von Nantes nach Lorient überschreitet die Vilaine am Eingange der Stadt Redon, ganz am Ende des Thales (Seite 451 Fig. 1), und der Felsen erhebt sich so steil, dass er von einer Tiefe von 15 bis 16^{m}0 unter dem Terrain des linken Ufers am rechten Ufer bloss einige Meter von dem eigentlichen Ufer zu Tage tritt (Fig. 36). Anfänglich hatte man geglaubt, die Brücke aus zwei Spannweiten ven 20^{m}0 herzustellen; der aut einen so steilen Felsen gestellte Mittelpfeiler hätte aber zu wenig Sicherheit geboten, nnd man blieb daher bei dem Projekt einer eisernen Ueberbrückung in schiefer Linie von 40^{m}0 Spannweite mit gemauerten Widerlagern stehen; nur eine kleine Spannweite von 6^{m}60 sollte an dem rechten Ufer für den Quai St. Jaques angebaut werden.

Angewandte Methede bei dem Widerlager (linkes Ufer). — Der Landpfeiler des rechten Ufers wurde in einem Fangdamme mit Ausschöpfung ehne irgend eine Schwierigkeit ausgeführt. Bei dem linken Landpfeiler musste man den Felsen auf 15 bis 16^{m}0 Tiefe aufsuchen; die Nähe des Flusses machte die Kompression des Bodens mit Hülfe von Aufträgen unpraktisch nnd es war à prieri augenscheinlich, dass eine Gründung auf Pfählen ohne diese Massregel nach dem Fluss geschoben worden wäre, wenn man dazu gekommeu wäre die Erdarbeiten hinter dem Widerlager aufzuführen. Man musste daher eine andere Methode anwenden, nnd da das Terrain ziemlich wasserdicht war, entschieden wir uns in dem Schlamm sechs ausgezimmerte Schachte zu errichten, wie die, welche man bei den Sonterrains anwendet; in diesen Schachten feste Mauerpfeiler aufzuführen, welche auf dem Felsen stehen, diese Pfeiler aber unter sich an ihren Köpfen durch kleine Gewölbe zu verbinden (Fig. 38, 39, 40 und 41), um auf diese Weise die Grundlage für die Widerlagspfeiler und die Flügelmauern herzustellen.

Erste Versuche. — Da das Terrain sehr gleichmässig erschien, waren wir auch der Meinung, dass sich der Druck ebenfalls rings um die Verkleidnngen jedes Schachtes äussern, und dass es alsdann leicht sein würde sie regelmässig niederzutreiben wie bei einem Tunnelschacht. In Felge dessen stellte man diese Verkleidungen aus herizontalen 1^{m}50 bis 2^{m}0 von Achse zu Achse entfernten Rahmen her, welche man unter sich durch senkrechte Ständer verband und durch welche die Verkleidungsbohlen gegen die Wände der Baugrube gehalten wurden, die man nach Massgabe des Niedergehens von Rahmen zu Rahmen anbrachte. Auf diese Weise begann man die Ausgrabung des Schachtes Nr. 1 (Fig. 38); sobald man aber drei oder vier Rahmen an Ort und Stelle hatte, musste man bald wahrnehmen, dass die Pressungen nicht nach allen Seiten gleich seien, dass sich das Terrain ausserhalb an einer Seite der Verkleidung senkte, dass die Rahmen selbst an dieser Seite in die Bewegung hineingezogen wurden, und dass endlich die Wände eine bedeutende Neigung angenommen hatten. Es waren aber diese Bewegungen so stark, dass sich das Zimmerwerk des Schachtes bei dem sechsten Rahmen ganz verbogen hatte, dass die Hölzer zerbrochen waren nnd dass die Arbeit unterbrochen werden musste.

Um die Arbeit wieder zu beginnen und nm dahin zu gelangen alle verschobenen oder zerbrochenen Hölzer wegzunehmen, fasste man den Entschluss

ringsherum eine Umgürtung von Pfählen bis zu dem Felsen zu schlagen und an diesen Pfählen die Hölzer der neuen Rahmen so zu befestigen, dass jede Verschiebung oder Versenkung vermieden würde, und in der That reussirte man mit dieser Arbeit; nur waren die Pfähle in Folge des leeren Raumes, der durch den ersten Ausgrabungsversuch entstanden war, bei dem Einschlagen an dieser Seite weniger gepresst als an der äussern Seite und es wurden alle etwas nach innen getrieben, so dass man genöthigt war die Dimensionen der Rahmen nach Massgabe der tiefern Eintreibung zu reduziren; ja man musste einige zu stark geneigte Pfähle abschneiden, und endlich fand man, dass die Grundfläche des Fundaments etwas geringer war als man beabsichtigte. Das Resultat war also nicht vollständig und die Umfassung von aneinanderstossenden Pfählen hatte übrigens den Nachtheil der zu grossen Kostspieligkeit. Auch hat man sich bei den andern Schachten, durch die gemachten Erfahrungen belehrt, an die nachstehenden Anordnungen gehalten, welche vollkommen gelangen.

Normale Anordnungen des Verfahrens. — Man machte den Anfang damit, dass man bis zu einer Tiefe von 3^m0 unter dem natürlichen Boden eine allgemeine Ausgrabung veranstaltete, welche alle Schachte umfasste; diese an der Flussseite von einem Fangdamme geschützte Baugrube hatte den grossen Vortheil die den Schachten zu gebende Tiefe um so mehr zu reduziren und die Pressungen gegen ihre Wände zu vermindern. Dann schlug man bei jedem Brunnen einige Leitpfähle (14 für die Nr. 2, 3 und 4; 20 für die Nr. 5 und 6, welche grösser waren, Fig. 38) ein. Uebrigens verwendete man grosse Sorgfalt darauf jede Gruppe von Pfählen vor dem Beginne der Ausgrabung des Schachtes einzuschlagen, an den sich diese Gruppe anschloss, um zu vermeiden, dass sie nach innen getrieben wurden, wie bei dem Schacht Nr. 1. An diese Pfähle befestigte man die Rahmen, unterstützte diese auf eine feste Art, und endlich bewirkte man die Ausgrabung, indem man an den Erdwänden hinter den Rahmen nach und nach senkrechte Bohlen einschob und sie mit denselben stark verkeilte (Fig. 32 und 43). Man fuhr auf diese Weise bis etwa 5^m0 Tiefe unter der Sohle der allgemeinen Baugrube (8^m0 unter dem gewaschenen Boden) fort; in dieser Tiefe aber begann der äussere Druck den Schlamm im Innern des Schachtes in die Höhe zu treiben, so dass es unmöglich war, die Vertiefung auf dieselbe Art fortzusetzen; es wurde nun, um den Schlamm zu verhindern, in das Innere zu drängen, nothwendig, von diesem Niveau an im voraus eine ununterbrochene Umfassung bis zum festen Boden zu bilden; zu diesem Zwecke hatte der Ingenieur Malibran die vortreffliche Idee, im Innern des Schachtes eine kleine Ramme aufzustellen, mit der man rings um die Sohle des ersten Theils vom Schachte Spundwände einschlug. Als diese Arbeit beendigt war, setzte man die Ausgrabung ohne Schwierigkeit fort, indem man dafür Sorge trug die Entfernung zwischen den Spundwänden durch gut unterstützte Rahmen zu sichern, welche kleiner waren als die ersten, indessen immer noch hinreichende Dimensionen hatten, um dem Fundament die ganze vorgeschriebene Grundfläche zu geben (Fig. 42, 44 und 45).

Diese Anordnung, darin bestehend, die Ausführung des Schachtes in zwei Theile zu theilen, wo die Umfassung auf verschiedene Arten gebildet war, hatte grosse Vortheile; denn wenn man die Spundwände unmittelbar vom natürlichen Terrain aus hätte einrammen wollen, so ist es augenscheinlich, dass diese Bohlen von 12 bis 15^m0 Länge sehr unregelmässig in den Boden eingedrungen wären. Es war also vorzuziehen, bis zu der Tiefe, wo der Schlamm anfzusteigen begann, eine gewöhnliche Verkleidung zu machen und von diesem Niveau an bloss die Spundbohlen zu verwenden, welche bei einer Länge von nicht mehr als 6 bis 7^m0 leicht in regelmässiger Weise eingeschlagen werden konnten.

Man ist also nach sehr natürlichem Herumtappen, wozu zuvörderst die Anwendung dieses neuen Fundamentirungssystems die Veranlassung gab, dahin gelangt, es auf eine sehr rationelle Weise praktisch zu machen und mit Sicherheit und Geschwindigkeit zu arbeiten.

Die beiden ersten errichteten Schachte wurden in dem Kies bei 2^m0 und 0^m80 über dem Schiefer beendigt; bei allen andern aber wurden die Niedertreibungen bis zum Felsen fortgesetzt, weil dieser Kies, obgleich für eine gewöhnliche Fundamentirung mit grosser Grundfläche sehr widerstandsfähig, uns doch nicht genug vollständige Garantien für Mauerkörper von so geringem Querschnitt zu bieten schien; wir befürchte-

Fig 1.

Langenprofil des Jsacthales.

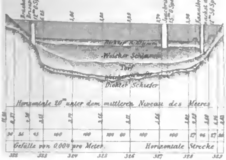


Fig 2 Langenprofil des Vilainethales.

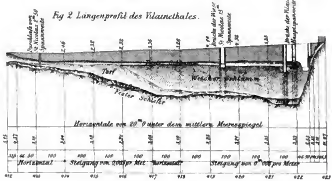


Fig. 4. Jsacthal, Profil 325.

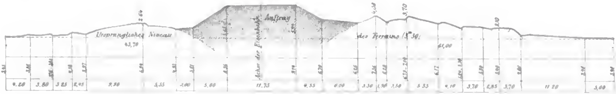
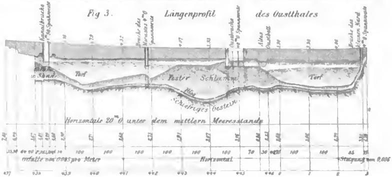
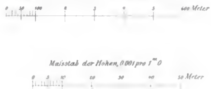


Fig 3. Längenprofil des Oustthales



Maßstab der Langenprofile, 0.001 pro 10m 0

Maisstab der Hohen, 0.001 pro 1m 0



Allgem. Bauzeitung 1866

Fig. 5. Isarthal, Profil 326.

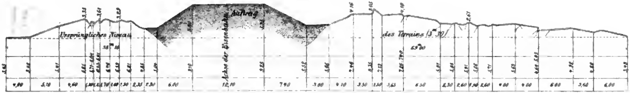


Fig 6. Thal der Vilaine, Profil 417.

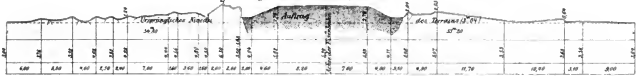


Fig 7. Thal der Vilaine, Profil 418.

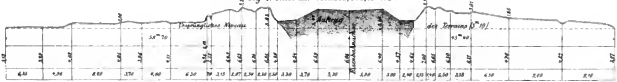


Fig 8. Oustthal Profil 443.



Fig 9 Oustthal, Profil 1.



Für die Querprofile 0,002 pro Meter.

Allgem. Bauzeitung 1866

ten, dass er unter der Last nachgeben würde. Die Erfahrung hat bewiesen, dass die Massregel unnütz war, denn wenn sich selbst mit den Fundamenten auf den Felsen Bewegungen ergeben hatten, wie wir später sehen werden, so kann man sicher sein, dass diese Bewegungen noch bedeutender geworden wären, wenn alle Schachte auf dem Kies aufgehört hätten.

Trotz des Bestehens dieses Kieses, dessen Grund sehr rein war, obschon der obere Theil mit Schlamm gemischt erschien, waren die Ausschöpfungen sehr unbedeutend, was bei einer so geringen Entfernung vom Flusse merkwürdig ist und beweist, wie wasserdicht der Schlamm ist; es ist selbst sehr wahrscheinlich, dass das herbeigeflossene wenige Wasser nicht von dem Flusse, sondern von nahen Hügeln herabkam, von denen aus es der durchlassenden Schicht folgte, denn die auszuhebenden Wasserstände schienen mit dem Wasserspiegel der Vilaine nicht zu korrespondiren.

Während der Ausführung der Schachte waren die Pressungen gegen die Rähme enorm, wie man aus den Unfällen, welche bei dem Schacht Nr. 1 vorkamen, und aus den Massregeln, die wir bei der Ausführung der übrigen beschrieben haben, besonders aber aus der Nothwendigkeit schliessen kann, in der man sich befand, die Unterstützungen auf die in Fig. 43 — 45 dargestellte Weise zu bewirken; man ersieht hieraus, dass gegen den untern Theil der Schachte die Abtheilungen nicht mehr als $1^{m}0$ Seite hatten, und die Erfahrung hatte bewiesen, dass man sie ohne Gefahr nicht vergrössern konnte.

Der untere Theil der Brunnen wurde auf Höhen von $4^{m}60$ bis $7^{m}0$ mit Beton ausgefüllt und der übrige Theil des Pfeilers wurde aus gewöhnlichem Mauerwerk hergestellt. Der aus gutem hydraulischen Kalk bestehende Mörtel wurde noch kräftiger gemacht durch den Zusatz von Portlandcement. Der Raum zwischen den Pfeilern und den Verkleidungen wurde mit Sand ausgefüllt (Fig. 46—48).

Durch die Ausführung erhaltene Resultate. — Aus nachstehender Tabelle ersieht man die Zusammenstellung der hauptsächlichsten Resultate in Betreff der Ausführung der Schachte:

Nummer der Schachte	Flächeninhalt der gemauerten Pfeiler	Tiefen unter dem natürlichen Terrain	Dauer der Arbeit	Kosten				
				für Erdarbeiten	für Zimmer- und Schmiedearbeiten	für Beton und Mauerwerk	für Wasserschöpfen und verschiedene Gegenstände	Total
	Kubikm.	Meter	Tage	Francs	Francs	Francs	Francs	Francs
1	11,06	12,54	122 *)	1510	13328	2836 **)	5823	23500
2	9,52	15,40	37	632	4218	2995	2814	10659
3	9,52	13,60	34	616	4065	2453	2380	9544
4	11,06	15,20	37	707	4262	3186	2552	10707
5	15,10	14,32	23	825	5382	4413	2390	13010
6	15,37	14,05	23	809	5009	4589	2546	12953
			Summa	5099	36264	20472	18508	80343
Gemeinschaftliche Ausgaben für alle 6 Brunnen (Fangdämme)								7400
Gesammtkosten für die Gründung des Landpfeilers								87743
Durchschnitte in Betreff der 5 letzten Brunnen *).**								
	12,11	11,51	33	718	4387	3525	2536	1368

*) Mit Einschluss der Arbeitsunterbrechungen und der für die ersten Versuche verwendeten Zeit.

**) Die Höhen der Beton- und gemauerten Pfeiler bis zum Anfang der kleinen Gewölbe sind gleich den ganzen Tiefen mit Abzug von $3^{m}40$ für jeden Schacht.

***) Diese Durchschnitte beziehen sich auf eine normale Arbeit, wobei man den ersten Schacht nicht berücksichtigt hat, bei dem die Versuche ausnahmsweise grosse Kosten erforderten.

Von den im Durchschnitt für die Ausführung verwendeten 33 Tagen sind 20 für die Erdarbeiten, die Anfertigung der Verkleidungen, das Einschlagen der Spundwände etc. (exclusive der Zeit, die zum Einschlagen der Pfähle nöthig war, was man früher gethan), und 13 Tage für die Aufführung der Beton- und Maurerarbeiten zu rechnen.

Kosten. — Wenn man die effektiven Kosten betrachtet, so beläuft sich der Herstellungspreis auf 1220 Frs. pro Quadratmeter Mauerwerk für eine Fundamentirung von 14m20 mittlerer Tiefe. Diese Ziffer reduzirt sich auf 1040 Frs. für die Normalarbeit der fünf auf eine Tiefe von 14m51 gegründeten Schachte, und würde selbst unter 1000 Frs. bei einer gewöhnlichen Arbeit bleiben, wo man auf die Kosten des Fangdammes keine Rücksicht zu nehmen hätte.

Wirkung der Erdarbeiten. — Die eben beschriebene Fundamentirung wurde im September 1860 beendigt und unmittelbar darauf errichtete man das Mauerwerk bis ungefähr 3m0 über dem natürlichen Terrain. Gleichzeitig hatte man die Ausführung der Aufträge begonnen, deren Material von dem rechten Ufer kam und über eine provisorische Brücke nach der andern Seite der Vilaine geführt wurde. Bis zu 120m0 Entfernung über die Brücke erlitten die Aufträge anfänglich kein Setzen; von hier an aber bekam die obere Schicht des Terrains Risse und die Senkungen machten sich mit einer grossen Stärke bemerkbar und verbreiteten sich rückwärts bis zum Widerlager; kurze Zeit nachher überzeugte man sich, dass das Mauerwerk eine Bewegung machte. Trotz aller Widerstandsfähigkeit, welche die bis 15m0 langen Flügelmauern (Fig. 41) dem Schub darbieten, gaben dieselben doch am obern Ende auf eine bedeutende Art nach, indem sie sich um die Kanten der Fundamente drehten, so dass die Böschung der vordern Seite des Widerlagers, der im November 1860 mit 0m018 pro Meter hergestellt war, am 27. Februar 1861 nur noch 0m011 betrug, was einer Vorrückung von 0m145 gegen den Fluss am oberen Theile des Mauerwerks korrespondirte. Gleichzeitig machten sich die Fugenrisse zwischen dem eigentlichen Widerlager und der Flügelmauer bemerkbar, weil dieses Widerlager, das dem Schub der Erde eine grössere Fläche darbot als die Enden der Flügelmauern, mehr verschoben war als sie. Die Trennungen, welche nach den Linien *mn*, *m'n'* (Fig. 41) stattfanden, und die Oeffnung der Fugen wechselte zwischen 0m004 bis 0m009. Einige Zeit schien die Bewegung anhalten zu wollen, später aber bemerkte man eine neue Verschiebung von 0m007 an dem obern Theil des Mauerwerks vom Landpfeiler; auf der andern Seite wurde man durch Bohrungen inne, dass der Auftrag, obgleich er mehrere Meter in das natürliche Terrain eingedrungen, doch noch weit vom Felsen entfernt war. Man hatte also zu befürchten, dass seine Senkung nicht vollständig war, und dass sich die Bewegungen des Landpfeilers noch fortsetzen würden. Man musste daher nach einem radikalen Mittel zum Anhalten derselben suchen, und glücklicher Weise war dasselbe sehr einfach in dem gegenwärtigen Falle. Man musste nämlich etwas weiter, in der Wiese St. Nikolas, zwischen den Profilen 419 und 420 (Seite 451 Fig. 2) eine Brücke von zwei Oeffnungen von je 15m0 zum Abfluss des Wassers bei Hochgewässern erbauen und man fasste den Entschluss, eine davon gegen das Widerlager der Vilainebrücke zu legen, und um die Aufträge von diesem zu entfernen, dasselbe daher von jeder direkten Wirkung dieser Aufträge zu befreien. Was das Widerlager der neuen Brückenöffnung betrifft, so konnte man es ohne Gefahr auf Pfählen herstellen, weil es an eine Stelle traf, wo der Auftrag seine ganze Senkung erreicht zu haben schien.

Befestigungsarbeiten. — Diese Anordnungen wurden ausgeführt: die zwischen den Profilen 419 und 420 zu erbauende Brücke wurde auf eine einzige Spannweite reduzirt, deren Fundamentirungen wir im vorigen Abschnitt beschrieben haben, und die andere Spannweite von 15m0 wurde nach der Stelle vor dem Landpfeiler der Vilainebrücke übertragen; da ferner die Flügelmauern dieses letzteren Landpfeilers eine grosse Länge hatten, so benutzte man dieselben, um eine kleine Oeffnung von 6m63, symmetrisch mit der von St. Jacques, vorzulegen; und endlich, anstatt der Erdseite ein grosses Widerlager für die Oeffnung von 15m0 zu errichten, erbaute man bloss ein verlorenes Widerlager und eine kleine Brückenöffnung über den Böschungen. Man war also veranlasst, vor dem Widerlager der grossen Brücke drei Brückenöffnungen anzulegen, eine grosse und zwei kleine, wie Fig. 36 u. 37 zeigen.

Die Ausführung der Fundamente des verlornen Widerlagers und des kleinen anstossenden Mittelpfeilers wurde wie bei den im vorstehenden Abschnitt beschriebenen Werken bewirkt. Die Ausgrabung hatte mehr Schwierigkeiten als bei der Brücke der Wiese St. Nikolas und viel weniger als bei der Brücke von Oust, weil das Setzen der Aufträge daselbst weniger vollständig war als bei der ersten und bedeutend stärker als bei dem zweiten dieser Werke. Die Verspreizung der Fundamente, anfänglich durch einfache Rahmen hergestellt, wurde später durch Bettungen von Beton vervollständigt. Bei dem kleinen Pfeiler, der an den Enden der Flügelmauern des ursprünglichen Landpfeilers der grossen Brücke gegründet wurde, wollte man kein Gewölbe anlegen, welches auf die Mauern einen Schub hätte ausüben können, die diese Enden tragen, und man machte bloss eine Plateform, bestehend aus Rails, die mit Bohlen bedeckt wurden (Fig. 50). Um ferner alle Theile der kleinen Brückenöffnung recht fest miteinander zu verbinden, stellte man eine starke Verankerung von Eisen her, die aus derselben Figur ersichtlich ist und von 0m05 in Quadrat starken Stangen besteht, welche unter sich auf eine unveränderliche Art Anker von demselben Durchmesser verbinden, welche senkrecht im Mauerwerk eingelassen sind.

Die Ausführung der nachträglichen Brückenöffnungen ist wohl gelungen. Sobald man die Erddämme wegnahm, welche das Widerlager der grossen Brücke belasteten, ist das Mauerwerk etwas zurückgegangen, so dass die vordere Ansicht der Flussseite einen kleinen Theil der verlornen Dossirung wieder annahm. Seit dieser Zeit fand an dem grossen Widerlager keine Bewegung statt; nur das kleine äusserste Widerlager hat sich etwas geneigt, weil die Bettung zu hoch angebracht war.

Die Kosten der Konsolidation wurden wenig erhöht, weil der Hauptpfeiler und die grosse Spannweite an der Brücke der Wiese St. Nikolas hätten sollen gebaut werden und weil die Kosten des kleinen am Ende der Flügelmauern gegründeten Pfeilers beinahe gedeckt sind durch das Weglassen eines grossen Theiles dieser Mauern; zu den wirklichen Kosten der Konsolidation darf man also kaum andere rechnen als das verlorne Widerlager und die Blechbalken der beiden kleinen Brückenöffnungen. Man hätte selbst diese Kosten sehr wahrscheinlich vermeiden können, wenn man nicht wesentlich darauf gehalten hätte, sich vor allen spätern Unfällen zu sichern, denn wenn das Widerlager bis zur Höhe der grossen Spannweite von Blech aufgeführt worden wäre, so würde die Belastung viel beträchtlicher geworden sein und sehr wahrscheinlich genügt haben, um das Abweichen von der senkrechten Linie aufzuhalten; endlich würde dasselbe vielleicht gar nicht vorgekommen sein, wenn man dafür gesorgt hätte, das Widerlager zu beendigen und es mit einem Gewicht zu belasten gleich der Brückenöffnung, bevor der Auftrag dagegen aufgeführt wird. Diese Massregel erschien uns aber nicht als nothwendig, wir waren weit davon entfernt zu glauben, dass der Schub des Schlammes hinreichen würde, um in der Richtung seiner Länge ein Mauerwerk von 15m0 Länge zu verschieben, das auf Mauerpfeilern ruht, deren massiver Körper zusammen 10m0 in derselben Richtung übersteigen und welche durch Gewölbe so verbunden sind, dass sie sich gegenseitig stützen. Das Beispiel der erzeugten Wirkungen ist um so nützlicher anzuführen und beweist, wie kräftig der Druck des Schlammes unter der Last der Aufträge ist.

Die Fundamentirungsmethode mit ausgezimmerten Schachten war also ungenügend, um dem Widerlagspfeiler der Vilainebrücke die ganze nothwendige Festigkeit zu ertheilen. Diese Unzufriedenheit hat also ihren Grund in den sehr ungünstigen Verhältnissen, in denen man sich befand, und unter andern Umständen könnte dieses Verfahren gewiss mit Vortheil angewendet werden; z. B. bei einem grossen Viadukt, dessen Widerlager auf feste Art in den Fuss der Abhänge gegründet werden sollen, wie es häufig vorkommt, und wo die Anwendung der verkleideten Schachte ausgezeichnete Resultate bei der Fundamentirung der Mittelpfeiler liefern könnte.

Gemauerte Brunnen auf einem Kranz. — Bei Hafenbauten wendet man sehr häufig Brunnen an, um im Schlamm zu fundamentiren; doch geschieht dies auf eine andere Art, indem man dabei ganz so verfährt, wie bei den gewöhnlichen Brunnen, wesshalb wir eine Darstellung dieser überall bekannten Methode unterlassen. Nur das sei bemerkt, dass sie grosse Dienste leistet; sie hat den Vorzug vor den verkleideten Schachten, wenn der Schlamm sehr weich

ist und wenn man nicht vor den Fluthen des Meeres geschützt ist; manchmal aber geht das Niedertreiben unregelmässig vor sich, und die Unterfangungen, welche in der Tiefe nothwendig sind, wenn der Felsen ungleich ist, sind oft mit Schwierigkeiten verbunden; es ist daher von Nutzen, je nach den Umständen die eine oder die andere Methode in Anwendung zu bringen. Wir haben in dem Oustthale bei der im Profil 442 gelegenen kleinen Brücke von 4m0 eine Anwendung der gesenkten Brunnen versucht, und die Operation ging anfänglich gut von Statten, gegen die Sohle aber traf man auf eine durchdringliche Schicht und die Ausschöpfungen wurden zu bedeutend, als dass man das Mauerwerk gänzlich auf den Felsen hätte legen können; da die Aufträge geringe Zeit darauf die Baustelle der Brücke erreichten, konnte man die Gründung auf Pfählen in dem komprimirten Terrain vollenden.

Alle bisher beschriebenen Bauwerke wurden von dem Ingenieur Malibran ausgeführt. Es sind diese Arbeiten sehr undankharer Art, machen nur einen geringen Effekt, bieten aber bei der Ausführung sehr bedeutende Schwierigkeiten, und machen dem Ingenieur viele Sorgen und Arbeit. Es verdient daher alle Erkennung, wenn der mit solchen Ausführungen betraute Beamte nicht ermüdet und mit Ausdauer und Beharrlichkeit solche Bauten vollendet, wie es hier der Fall war.

IV. Fundamentirung mit Ausschöpfung.

Vortheile der Fundamentirungen durch Wassergewältigung. — Diese Fundamentirungen sind ohne Zweifel die befriedigendsten, weil man die Beschaffenheit des Bodens in allen Details genau kennen lernen und ihn zweckmässig vorbereiten kann, indem man ihn so viel als es nothwendig ist, abarbeitet und reinigt, und endlich das Mauerwerk unter den bestmöglichen Verhältnissen mit all der Sorgfalt errichtet, welche die Ausführung einer Betonnage im Trockenen oder eines Mauerwerks im Freien erheischt. Auch haben wir dieses Verfahren soviel wir gekonnt, bei Baulichkeiten von geringerer Bedeutung bis zu einer Tiefe von 4 bis 5m0 im Schlamme, und dann für grössere Bauten bis zu 8 oder 10m0 unter dem Boden oder dem höchsten Wasserspiegel des Meeres angewendet. Den hauptsächlichsten Gebrauch davon machte man bei den Viadukten von Auray und Hennebon; auch bei dem Viadukt von Quimperle und den gemauerten Theilen der Brücke von Scorff wurde es mit Nutzen ausgeführt. und man trug gar kein Bedenken, bedeutende Summen dafür zu verausgaben, um diesen grossen Bauwerken vollkommen sichere Fundamente zu geben.

Allgemeine Anordnungen. — Bei den Fundamentirungen dieser Art in schlammigem Boden ist es, sobald die Tiefe 2 oder 3m0 erreicht, beinahe immer vortheilhaft die Baugrube zu verkleiden, damit Einstürzen vorgebeugt werde; nur müssen die Verkleidungen je nach der Beschaffenheit des Terrains mehr oder minder vollständig sein. Man macht sie aus Spundwänden oder senkrechten Bohlen, die man vorher einrammt, und welche nach Massgabe der vorschreitenden Ausgrabung durch horizontale gehörig unterstützte Gürtungen oder Rahmen in ihrer Stellung erhalten werden. Nach der Beschaffenheit des Bodens verwendet man Spundwände von grösserer oder geringerer Stärke; man stellt sie in grössere oder geringere Entfernungen voneinander, auch dicht aneinander schliessend, je nachdem es die Bedürfnisse erheischen; eben so bestimmt man die Zwischenräume der Gürtungen, deren Stützen mehr oder minder stark sind. Diese Konstruktionsweise hat den grossen Vortheil allmähliger Konsolidationen nach Massgabe als solche nothwendig erscheinen, so dass man im voraus nicht auf grosse Vorbereitungen bedacht sein darf. Findet man, dass die Zwischenräume der Verkleidungsbohlen zu gross sind, so gibt es nichts Leichteres, als andere dazwischen anzubringen, eben so, wie bei den Rahmen; sind der Stützen zu wenige, so zieht man andere ein, immerhin aber verfährt man nach einem regelmässigen Plan; man kann keinen Fehltritt begehen, und hat stets eine ordnungsmässige Baugrube. Wendet man dagegen horizontale Bohlen an, die durch senkrechte miteinander verspreizte Ständer ihre feste Lage erhalten sollen, so gelangt man allerdings auch zum Ziel, man hat aber eine Umfassung, die aus unabhängigen Theilen besteht, welche sich nicht zu einer gegenseitigen Unterstützung eignen, und folglich ist man viel weniger gegen Einstürze geschützt und hat viel mehr Schwierigkeiten, die Umfassung zu verstärken, wenn es nothwendig ist. Wenn man endlich ohne beschlossenen Plan han-

delt und die Hölzer auf eine unregelmässige Weise legt oder setzt, so braucht man deren mehr als bei einer der vorstehenden Methoden, das Arbeiten in der Baugrube wird behindert, man erleidet Unfälle, nnd endlich versplittert man viel mehr Geld nnd Zeit. Wir können daher, wo es ausführbar ist, nur der Methode mit senkrechten Bohlen nnd horizontalen Gurthölzern, die eine regelmässige Umfassung bilden, das Wort reden. Dieses einfache und ökonomische Verfahren für gewöhnliche Tiefen ist aber auch das beste für grosse Tiefen, versteht sich bei gehöriger Verstärkung der Umfassung. Als Beispiel theilen wir die Gründung des Viaduktes von Auray mit.

Viadukt von Anray. — Derselbe überschreitet den Fluss Auray in seinem dem Meere zunächst gelegenen Theile 2 Kilometer oberhalb der Stadt und $27^{m}60$ über dem Nullpnnkt der französischen Nivellements, welcher dem mittleren Niveau des Meeres korrespondirt, wie wir es auf eine allgemeine Weise als Vergleichungsebene angenommen haben. An dem Punkt also, wo wir uns beschäftigen, ist dieser Nullpnnkt noch weit entfernt sich auf die mittlere Höhe der Gewässer zu beziehen, denn das Bett hat nur geringe Tiefe, so dass selbst bei den Gezeiten des Aequinoktiums das Wasser nicht nnter $0^{m}80$ unter dem Nullpunkt fallen kann, während es sich $3^{m}21$ darüber erhebt, beim todten Wasser geht das Niveau nur bis $0^{m}29$ nnter dem Nullpunkt, und erhebt sich nur bis $1^{m}71$ darüber. Der Spielraum der Gezeiten ist also $4^{m}0$ bei den höchsten ausnahmsweisen Wasserständen, $3^{m}50$ ungefähr bei gewöhnlichen Höhen und endlich $2^{m}0$ beim niedrigsten Wasserstand.

Der Viadukt hat 9 Mittelpfeiler (Fig. 51 und 52); die beiden äusseren Nr. 1 nnd 9 korrespondiren dem Fuss der Abhänge und wurden direkt auf den Felsen ohne Schwierigkeiten gegründet, wesshalb wir uns nur mit den andern Mittelpfeilern beschäftigen werden, welche mit Nr. 2 bis Nr. 8 bezeichnet sind; Nr. 3 und Nr. 7 sind Hauptmittelpfeiler, deren Sockel $5^{m}30$ Stärke haben, während die Höhe der Sockel der übrigen Mittelpfeiler $4^{m}30$ beträgt. Die Sohle des Thales besteht aus dichtem Schlamm, der sich bis zum Granitfelsen im ersten Theil erstreckt, in dem zweiten Theil aber durch eine mit Geschieben gemischte Sand- und Kiesschicht davon getrennt ist. Die Tiefen bis zum Felsen wechseln von $3^{m}94$ bis $6^{m}38$ in Bezug auf den Nullpunkt und von $7^{m}15$ bis $9^{m}39$ in Bezug auf den höchsten Meereswasserstand.

Gründnng der Pfeiler Nr. 2 und 3. — Der Schlamm erreicht seine grösste Stärke am linken Ufer, wo er eine Verlandung bildet, welche nur bei ausnahmsweisen Fluthen bedeckt ist; es war daher bei der Gründung der Pfeiler Nr. 2 und 3 sehr leicht, sich vor den Wasserströmen zu schützen; man brauchte zu diesem Zwecke nur einen leichten Damm zu erbauen, der in Fig. 52 zwischen den Pfeilern 3 und 4 angegeben ist. Um später die Fundamente herzustellen, schlug man rings um die Baustelle von jedem Pfeiler eine Umfassung, bestehend aus beschlagenen Pfählen von $0^{m}25$ in Quadrat, die zwischen den Hauptpfählen von $0^{m}35$, die in Entfernungen von $1^{m}50$ bis $2^{m}0$ von Achse zu Achse standen, eingetrieben wurden. Dann begann man die Ausgrabung, indem man im Innern starke Langschwellen gegen die Pfähle legte, welche horizontale, sehr fest unterstützte Rahmen bildeten, und $2^{m}0$ von Achse zu Achse von ihrem obern Theil entfernt waren; weiter unten lagen sie näher aneinander und zwar bis zu $1^{m}0$, weil hier die stärksten Pressungen stattfanden. Diese letzteren waren sehr beträchtlich, besonders bei dem Hauptpfeiler Nr. 3, wo die Stärke der Schlammschicht $8^{m}15$ erreichte; auch brachen trotz der Stärke der Umfassung einige Hölzer unten. Man musste die Rahmen verstärken und die Unterstützungen an den Winkeln verdoppeln. Da übrigens der Schlamm sehr dicht war, so wurden die Ausschöpfungen, welche mittels Pumpen bewirkt wurden, die man durch eine Lokomobile in Bewegung setzte, hauptsächlich wegen der Durchsickerungen des oberen Terrains benöthigt und verursachten, wenigstens bei diesen ersten Pfeilern, nur sehr geringe Kosten. Dieses Beispiel beweist, dass man bei kompaktem Schlamm ohne Unfall Ausgrabungen von grösserer Tiefe machen kann, dass es aber nnumgänglich nothwendig ist, sie nicht stark zu verkleiden.

Gründung der Pfeiler 4 und 5. — Nach diesen ersten Fundamentirungen nahm man die der Pfeiler 4 nnd 5 in Angriff; da sie sich aber im Flussbette (Fig. 51 und 52) befanden, so musste man sie vor allem durch einen Fangdamm, der Fig 53 im Profil dargestellt und dessen Lage aus den schon genannten Figuren zu ersehen ist, vor den strömen-

den Gewässern in Sebntz stellen. Er hatte eine Breite von $3^{m}0$ und bestand aus einem Damm von kenpaktem Schlamm zwischen zwei Reihen Pfählen, welche in Entfernungen von $1^{m}50$ ven Achse zu Achse standen, und durch Flechtwerk gut verbunden waren. Später schlug man Umfangspfähle ein, und verfuhr bei der Ausgrabung, wie bei den vorhergehenden Pfeilern; man fand aber mehr Schwierigkeiten, die Ausschöpfungen wurden bedeutender, die etwas schwachen Fangdämme hatten vom Wasser zu leiden, und endlich verlangte die Operation, ebgleich glücklich beendigt, beim hohen Meeresstand, hauptsächlich bei Springfluthen, wo die Belastung auf die Fangdämme stark wurde und $9^{m}0$ an den Umfassungen überstieg, als die Ausgrabungen bis zur Sehle gelangt waren, viele Sorgen und war selbst mit Gefahren verbunden.

Es war daher wünschenswerth die Ausführungsverhältnisse für den übrigen Bau zu verbessern, und es hatte der Ingenieur Sévène die geistreiche Idee, in dem Flusse abwärts ven der Baustelle des Viaduktes ein Wehr mit Klappenöffnungen zu errichten, so dass das Wasser des hehen Meeres verhindert werde, zum Bauplatze zu gelangen, während das süsse Wasser beim niedrigen Meeresstande abfliessen konnte.

Wehr mit Klappenöffnungen. — Dieses Wehr wurde beiläufig $600^{m}0$ abwärts in der in Fig. 55 angegebenen Stelle erbaut. Man wählte eine Verengerung des Thales für diese Anlage und schloss den Bau am rechten Ufer au eine Felsenspitze an, worin man den Durchlass anbrachte (Fig. 56 u. 57). Es war in der That nothwendig, dass dieser Durchlass, in dem sich eine sehr starke Strömung bilden musste, nicht dem Unterwaschen ausgesetzt würde. Man gab dem Wehr eine Breite von $3^{m}0$ an der Krone und $^{1}/_{4}$füssige Böschungen. Der Auftrag, aus dem er hauptsächlich bestand, wurde von Abträgen hergestellt, deren steiniger Theil auf die Seiten geworfen wurde, um die Böschungen zu beschützen und deren Erde dagegen für das Zentrum verwendet und mit Sorgfalt gestampft wurde, um einen so viel als möglich wasserdichten Kern herzustellen. Zum Schluss des Wehres aber musste man an der Basis beinahe ausschliesslich Bruchsteine und Felstrümmer verwenden, da die Erde von der sehr schnell gewordenen Strömung weggeschwemmt worden wäre; um diesen Theil dicht zu machen, führte man au gewissen Stellen Wulsten aus Schlamm mit einer sehr sanften Dossirung (3füssige) auf, wie in Fig. 58 zu sehen ist.

Der Durchlass wurde von Klappenschützen hergestellt, deren Details in Fig. 59 und 60 dargestellt sind; jede der 8 Klappen hatte $1^{m}0$ Breite bei $1^{m}20$ Höhe und es waren dieselben so eingerichtet, dass sie sich dem süssen Wasser öffneten und sich schlossen, wenn das Seewasser hervorströmte. Die Dimensionen dieser Klappen waren so berechnet, dass sie der ven oben während des hohen Meeresstandes sich ansammelnden Wassermasse hinlänglichen Abzug verschafften. Diese Masse war noch bedeutend, denn ebgleich der kleine Fluss Loc, welcher an der Landseite die schmale und langgestreckte unter dem Namen „Fluss Auray“ bekannte Bucht speiste, im Durchschnitte nur 4 Kubikmeter Wasser pro Sekunde führt, so musste doch das während jeder Fluth sich ansammelnde Wasser 120000 Kubikmeter übersteigen, und man musste für dessen baldigen Abfluss sorgen. Der Flächenraum des Beckens, worin sich das süsse Wasser ansammelte, war übrigens sehr ausgedehnt, so dass die durch das Schliessen des Wehrs entstehende Anschwellung nach den Berechnungen nur $1^{m}16$ bei der Ebbe und $1^{m}27$ bei der Fluth sein konnte, was für das Sinken der Wasserhöhe auf dem Bauplatze $0^{m}84$ bei der Ebbe, $2^{m}24$ bei der Fluth und $2^{m}74$ bei ausserordentlichen Fluthen ergeben musste. Mit andern Worten, nach der als Grundlage für die Berechnungen angenommenen Wassermenge konnte das Wasser eberhalb des Wehrs selbst bei den ungünstigsten Gezeiten nicht höher als $0^{m}87$ über Null steigen; im Allgemeinen blieb es unter dieser Zahl, weil die Arbeit während der schönen Jahreszeit und in einer Periode ausgeführt wurde, wo der Loc keine 4 Kubikmeter Wasser führte.

Ein so bedeutendes Resultat für die Fortsetzung der Arbeit konnte nur mittels gewisser Ausgaben erreicht werden, doch war es nicht zu theuer erkauft, denn die Herstellungskosten für das Wehr beliefen sich nur auf ungefähr 20000 Frs., nämlich:

für den Bau des eigentlichen Wehres	14060	Frs.
für den Bau des Durchlasses nebst Klappenschützen	2955	„
für das Abreissen und die Wiederherstellung in den vorigen Stand . .	3000	„
Summa	20015	Frs.

Das Wehr wurde während der Zeit als man die erste und die zweite Gruppe der Viaduktpfeiler gründete, entworfen und ausgeführt, so dass man zur dritten übergehen konnte ohne andere Unterbrechung als die, welche nothwendig ist, um dem Wasser einen Abfluss gegen das linke Ufer zu verschaffen und dagegen an der Seite des rechten Ufers ein neues Wehr für die Pfeiler 6, 7 u. 8 (Fig. 51, 52 u. 54) zu erbauen, dem man eine Breite von $4^{m}0$ gab, anstatt $3^{m}0$ wie bei dem vorigen, da dieses als schwach anerkannt wurde und mehrmals in festeren Zustand gesetzt werden musste. Ausserdem legte man in jeder Reihe die Pfähle näher aneinander, nämlich $1^{m}0$ von Achse zu Achse; die Höhe wurde, obschon sich das Wasser nicht höher erheben sollte als $0^{m}87$, auf $1^{m}50$ über Null gesetzt, weil man den Fall eines Hochwassers voraussetzen musste, das die Wassermenge des Loe vermehrt haben würde; auch musste man an einige Durchsickerungen im Wehre denken, welche den Stand des Wassers aufwärts höher gestellt hätten. In der That erhob sich das Wasser einmal bis $1^{m}30$, obgleich es im Allgemeinen weit unter dieser Zahl blieb, wie wir bereits erklärt haben.

Im Innern dieser neuen Fangdämme schlug man die Umfangspfähle jeden Pfeilers, stellte die Verkleidungen her und bewirkte die Ausgrabungen sehr leicht bis zu 1^{m} oder $1^{m}20$ über dem Felsen. Nun aber stellte sich eine ernste Schwierigkeit dar; die Pfähle blieben auf der mit Geschieben gemengten Sand- und Kiesschicht, welche den Felsen an diesem Theile des Bettes bedeckt, stehen, und da dieses in seiner Zusammensetzung sehr ungleiche Terrain keine vollständigen Bürgschaften für die Festigkeit eines hohen Viadukts bot, so wurde es als zweckmässig anerkannt, die Ausgrabung bis unter die Pfähle zum Felsen fortzusetzen. An den Stellen, wo der Kies sehr kompakt war, ging diese Arbeit sehr gut von Statten, an den versandeten Stellen aber hatte dieses Terrain Wasseradern, hinter der Umfassung bildeten sich hohle Räume (cloches), die Pfähle wurden entblösst, und es waren grosse Vorsichtsmassregeln nothwendig, um Unfällen vorzubeugen. Dieser Umstand hauptsächlich machte den Nutzen des Wehres in die Augen springend; die Schwierigkeiten und die Möglichkeit vieler Unfälle würden in der That viel grösser gewesen sein, wenn die Umfassungen noch $2^{m}0$ Wasser druck mehr zu erleiden gehabt hätten.

Um das Mauerwerk des Fundaments vor möglichen Zersetzungen im Meerwasser sicher zu stellen, wurden die untere Schicht und die Vorderseiten jedes Mauerwerks auf $0^{m}40$ Stärke mit Mörtel aus Portlandcement gemauert; bloss das Innere des Mauerwerks wurde mit hydraulischem Mörtel ausgeführt.

Aus der nachstehenden Tabellen ersieht man die Quantität der Arbeiten für jeden Pfeiler.

Bezeichnung der Pfeiler	Tiefen der Fundamente		Flächenraum der Fundamente	Kubikinhalt der ausgeführten Arbeiten		
	unter Null	unter dem höchsten Wasserstand		Ausgraben der Baugruben	Pfähle und Zimmerarbeit der Umfassungen	Mauerwerk der Fundamente
	Meter					
Mittelpfeiler N. 2	3,94	7,15	69	801	78	178
Hauptpfeiler „ 3	6,05	9,26	89	1019	135	410
Mittelpfeiler „ 4	6,38	9,59	71	506	93	356
„ „ 5	5,85	9,06	71	512	87	330
„ „ 6	6,11	9,32	88	548	80	415
Hauptpfeiler „ 7	6,16	9,37	117	611	100	559
Mittelpfeiler „ 8	5,04	8,25	81	346	75	301
Summa	39,53	62,00	589	4340	648	2549
Durchschnitte	5,65	8,86	84	620	93	364*)

In dem letzten Theile vergrösserte man die Dimensionen der Umfassungen, weil man bei den ersten Pfeilern bemerkt hatte, dass sich die Pfähle in Folge des Schubes an einigen Punkten unten genähert hatten, und dass es mit Schwierigkeiten verbunden war, dem Mauerwerk die vorgesehenen Dimensionen zu bewahren. Aus dieser Ursache sind die Grundflächen der Fundamente von den Pfeilern 6 und 8 grösser als die der gewöhnlichen Mittelpfeiler, und die Fundamentfläche des Hauptpfeilers Nr. 7 übersteigt bedeutend die des Hauptpfeilers Nr. 3; gleichzeitig aber als die Umfassungen zur Erleichterung der Arbeit grösser wurden, konnten sie auch wegen des angelegten Wehres tiefer gehalten werden, und es wurde im Ganzen genommen weniger Holz für diese letzteren Pfeiler verwendet als für die andern. Nur der Kubik-

*) Das berechnete Mauerwerk ist bloss das der Fundamente bis $1^{m}40$ unter Null.

inhalt des Mauerwerks war bedeutender bei allem Verhältniss in Bezug auf die Höhe; so übersteigt der Kubus des Mauerwerkes von dem Hauptpfeiler Nr. 7 bedeutend den von dem Hauptpfeiler Nr. 3, obschon die Tiefe im Wesentlichen dieselbe ist (6,16 unter Null anstatt 6,05).

Kosten. — Die nachstehende Tabelle enthält eine Nachweisung der für die Fundamente gemachten Ausgaben.

Angabe der Pfeiler	Kosten				
	für Ausheben der Baugruben	für Umfassungen	für Mauerwerk	Nebenarbeiten	Summa
	Francs				
Mittelpfeiler Nr. 2	2425	7421	4513	5372	19731
„ „ 4	1522	8882	8423	10735	29562
„ „ 5	1550	8271	7856	9957	27634
„ „ 6	1659	7604	10730	13500	33493
„ „ 8	1047	7391	7208	9773	25419
Summa	8203	39569	38730	49337	135839
Durchschnitte	1641	7914	7746	9867	27168
Hauptpfeiler Nr. 3	3085	12312	9665	12382	37444
„ „ 7	1848	9506	14000	18163	43516
Summa	4933	21817	23665	30545	80960
Durchschnitte	2467	10909	11832	15272	40130
Totalsumme	13136	61386	62395	79882 *)	216799
Allgem. Durchschnitte . .	1877	8769	8913	11412	30971

Bei den letzten Pfeilern waren die Ausgaben wegen der Baukosten des Wehrs und der Vergrösserung der Flächen des Mauerwerks grösser; offenbar aber befand man sich in schwierigen Verhältnissen wegen der Nothwendigkeit, bis unter die Pfähle graben zu müssen, und weil übrigens diese Pfeiler dem tiefsten Theile des Flussbettes angehören.

*) Die Nebenarbeiten, welche 79882 Fr. betrugen, bestanden aus folgenden Elementen:

Aufsicht	7137	Fr.
Material	17168	„
Wasserschöpfen . .	11914	„
Fangdämme . . .	21805	„
Wehr	20015	„
Nebenausgaben . .	1843	„
Summa	79882	Fr.

Die ganze Länge der Fangdämme beträgt $255^{m}0$, so dass der laufende Meter im Durchschnitt auf beiläufig 85 Fr. zu stehen kam.

Die Kosten pro Quadratmeter Fundament betragen im Durchschnitt 355 Frs. bei den gewöhnlichen Pfeilern, 393 Frs. für die Hauptmittelpfeiler und 369 Frs. im Ganzen. Diese Ziffern sind nicht sehr hoch in Anbetracht der Tiefe unter den hohen Meerwasserständen, welche im Durchschnitte $8^{m}67$ im ersten, $9^{m}32$ im zweiten Falle, und $8^{m}86$ für die Pfeiler überhaupt betrug, welche in die Thalsohle zu liegen kamen. Der durchschnittliche Preis pro Kubikmeter ist 42 Frs. Diese ausgezeichneten Resultate hat man den geschickten Anordnungen des Ingenieurs Sévène, der Sicherheit der von ihm angewendeten Mittel und endlich der Sorgfalt und Genauigkeit zu danken, womit diese Mittel angewendet wurden.

Der Viadukt von Hennebon. — Beiläufig $500^{m}0$ abwärts von dem Hafen Hennebon durchschneidet die Eisenbahn das Thal von Blavet auf einem Viadukt von 5 grossen je $22^{m}0$ Spannweite messenden Bogen über dem Flusse und 6 kleinen Bogen von je $10^{m}0$ Spannweite, von deren 3 auf jedem Ufer. Die Höhe der Rails über Null beträgt beiläufig $25^{m}0$; sie wurde, wie auch die grosse Breite der mittleren Bogen durch die Nothwendigkeit bedingt, den Zugang zu dem Hafen von Hennebon für die ihn besuchenden Schiffe frei zu halten. Der tiefste Ebbestand sinkt daselbst bis $2^{m}15$ unter Null und die stärksten Fluthen erheben sich $3^{m}40$ darüber. Der Spielraum zwischen beiden Wasserständen ist also $5^{m}55$ bei aussergewöhnlichen Gezeiten und reduzirt sich auf $4^{m}0$ bei gewöhnlichem Fluth- und Ebbewechsel und auf $2^{m}30$ bei tauber Fluth.

Die Flusssohle besteht zuvörderst aus einer Schlammschicht, deren Stärke von $4^{m}0$ bis $6^{m}0$ an den Ufern sich in der Mitte des Bettes auf weniger als 1^{m} reduzirt; gegen diese Mitte findet man unmittelbar unter dem Schlamm eine geringe Schicht feinen Sandes, dann findet man so ziemlich nach der ganzen Ausdehnung des Bettes ein festes Terrain, bestehend aus Kies mit Geschieben, Felsblöcken und Thon gemischt; die Stärke dieses schwierig auszugrabenden, in seiner Zusammensetzung aber ungleichen Terrains variirt von $1^{m}0$ bis $2^{m}0$; darunter endlich existirt ein Granitfelsen von grosser Härte, dessen Oberfläche nach den verschiedenen Pfeilern $3^{m}50$ bis $6^{m}20$ unter Null oder $6^{m}90$ bis $9^{m}60$ unter dem höchsten Meerwasserstande liegt.

Die durchschnittliche Tiefe der Fundamentirung war also im Wesentlichen dieselbe wie bei dem Viadukt von Auray (8m90 anstatt 8m86); die Verhältnisse bei der Ausführung aber waren bei der Brücke von Hennebon schlechter. Es war nicht möglich wegen der Schifffahrt, und weil übrigens die Wassermenge des Blavet bedeutender ist, ein Wehr zu erbauen; die Wassertiefe war grösser und die Strömungen hatten eine viel grössere Stärke, und endlich fand man die Kiesschicht bedeutender, die des Schlammes geringer, so dass die Ausschöpfungen bei weitem grössere Schwierigkeiten in Aussicht stellten.

Indessen ahnte man anfänglich doch die Wichtigkeit dieser Schwierigkeiten nicht, weil man den Felsen höher glaubte, da die Bohrungen nur bis zu der mit Blöcken gemischten Schicht geführt worden waren. Man musste also hoffen, die Ausführung leichter bewirken zu können, zu welchem Zweck man die Umfassungspfähle einschlug, welche ebenfalls auf der Kiesschicht stehen blieben, so dass sie die Resultate der Bohrungen zu bestätigen schienen; dann begann man die Verkleidung und die Ausgrabung der den Ufern zunächst liegenden Pfeiler, indem man auf dieselbe Weise verfuhr wie bei Auray.

Fundamentirung der Hauptmittelpfeiler. — Man gründete demnach ohne besondere Hindernisse die Fundamentirung der Hauptmittelpfeiler; da die Schlammschicht stark war, so genügte es, um sich vor dem hohen Meere zu schützen, vor den Baugruben Verdämmungen aufzuführen; die Ausgrabungen gingen in den Umfassungen regelmässig vor sich, und nur eine starke Verspreizung zeigte sich als nothwendig, besonders an dem linken Hauptmittelpfeiler, wo die Tiefe die bedeutendste war.

Fundamentirung der Pfeiler 1 und 4. — Man ging demnächst zu den den Ufern zunächst gelegenen Mittelpfeilern Nr. 1 und 4 über. Für diese konnte man, da die Schlammschicht dünner war, Fangdämme um die Umfassungen errichten; man gab ihnen eine Breite von 3m0, ihre äussern Umfassungen machte man von Fächern aus Bohlen, gestützt von Pfählen, die 2m0 von Achse zu Achse auseinander standen; den Raum zwischen zwei Umfassungen füllte man mit gut gestampftem Schlamm aus, um den Kern des Wehres herzustellen. Diese Anwendung des Schlammes aber, welche bei Auray so gut gelungen war, hatte bei Hennebon grosse Uebelstände; der Schlamm war minder dicht und befand sich direkt der Wirkung des Wassers ausgesetzt, dessen Strömungen bei weitem stärker waren; endlich hatten die Fangdämme eine grössere Höhe. Die Folge dieser verschiedenen Umstände war, dass der Schlamm bei hohem Meere durch das dort eindringende Wasser etwas gehoben wurde und dass er bei der folgenden Ebbe ein plötzliches Setzen erlitt und alsdann einen starken Druck auf den untern Theil der äussern Umfassung ausübte. Man hatte die Pfähle dieser Umfassung mit denen der Hauptumfassung, oben durch Zangen und unten durch grosse Bolzen verbunden, die man bei der tiefsten Ebbe angebracht hatte; es waren aber die Pressungen so stark, dass die Bolzen an mehreren Stellen nachgaben, und wenn sie Widerstand leisteten, so hatten sie übrigens einen grossen Nachtheil, denn da sie in ihrer festen Stellung verblieben, während sich der Schlamm unter ihnen senkte, so gaben sie Veranlassung zu leeren Räumen, durch welche oft sehr starke Wasserströmungen stattfanden. Trat ein solcher Uebelstand ein, so musste man in dem Fangdamm eine Ausgrabung machen, den Schlamm an dieser Stelle bis zu den Bolzen ausheben, sorgfältig die leeren Räume ausfüllen, und dann den obern Theil ausbessern. Gab aber die Umfassung am Fusse an irgend einer Stelle nach, so musste man die Fächer mit grosser Mühe heben, neue Pfähle einschlagen, um sie zu halten, und überhaupt diesen Theil des Fangdammes wieder in Stand setzen. An dem Pfeiler Nr. 4 endlich verursachte der Schlamm, da er an der Uferseite eine grössere Stärke hatte, ein beginnendes Ueberhängen der ganzen Umfassung gegen die Seeseite, wesshalb man sie mit Tauen verankern und sie mit vieler Solidität stützen musste, um eine so beunruhigende Bewegung aufzuhalten.

Ohne die verschiedenen bei den Fangdämmen vorgekommenen Unfälle waren die Baugruben ziemlich trocken, wenigstens so lange als man die Schicht von Kies und Geschieben noch nicht erreicht hatte; hier aber wurden die Durchsickerungen reichlicher, doch vermochte man sie mit den in Lokomobilen bewegten Pumpen noch zu bemeistern. Nur die Ausgrabungen gingen langsam vor sich in diesem mit Blöcken vermischten Grunde, und während dieser Zeit waren die Fangdämme starken Pressungen ausgesetzt, die auch

einige Beschädigungen und folglich Verzögerungen veranlassten. Oft war man gezwungen die Ausschöpfung bei hohem Meere aufzugeben, um die Fangdämme nicht zu stark in Anspruch zu nehmen, wenn einige Theile daran zu Befürchtungen Veranlassung gaben. In andern Momenten konnte man beständig arbeiten und z. B. gegen das Ende der Arbeiten am Pfeiler Nr. 1, hielt man die Baugrube bei einer Tiefe von 8m0 während des hohen Meeresstandes mit 4 Pumpen trocken, wovon zwei mit einer Lokomobile und zwei durch Menschenhand bewegt wurden. Die Ausgrabung des Pfeilers Nr. 4 wurde in 24 Tagen beendigt, die des Pfeilers Nr. 1 konnte nur viel langsamer ausgeführt werden, und dauerte wegen der am Fangdamme vorgekommenen Beschädigungen und dadurch veranlassten Arbeitsunterbrechungen 2½ Monate. Nachdem der Felsen der Fundamentirung gehörig gereinigt worden, wurde er mit einer Schicht Beton mit Portlandcement bedeckt und zwar bei dem Pfeiler Nr. 4 in einer Stärke von 0m90 und bei dem Pfeiler Nr. 1 von 2m50; diese bedeutende Stärke hat ihren Grund darin, dass der Fangdamm in den letzten Momenten ganz schlecht geworden war, und dass es daher die Nothwendigkeit bedingte die Ausfüllung in dem untern Theil zu beschleunigen, indem man sie recht vollständig machte, damit die Ausschöpfungen, welche bei der Ausführung des übrigen Mauerwerks noch nothwendig waren, weiter keine Schwierigkeiten boten.

Ueber dem Beton wurden die Häupter des Mauerwerks in Cementmörtel auf eine Stärke von 0m40 bis über den höchsten Wasserstand fortgesetzt; das Mauerwerk zwischen diesen Häuptern (oder äussern Flächen) wurde nur aus hydraulischem Mörtel wie bei dem Viadukt von Auray und wie bei allen unsern Seebauten aufgeführt.

Fundamentirung der Pfeiler Nr. 2 und 3. — Die Lage der mittelsten Pfeiler Nr. 2 und 3 liess voraussetzen, dass ihre Ausführung noch schwieriger sein würde als die der vorhergehenden Pfeiler, und nach Massgabe als sich die Schwierigkeiten bei dieser letztern gezeigt, hatte man bei den neuen Pfeilern solche durch besondere Massregeln zu begegnen gesucht. So hatte man die äussern Umfassungen verstärkt, indem man stärkere Pfähle nahm und sie in Entfernungen von 1m0 anstatt zu 2m0 einschlug. Um die Höhe der Fangdämme und folglich ihre Belastung auf die untern Theile der Umfassungen zu vermindern, hatte man das Aeussere dieser letztern bis zum niedrigsten Wasserstand mit einer kalfaterten Verkleidung versehen; die grossen Bolzen, welche eine so häufige Ursache von Wasserdurchlässen wurden, hatte man weggelassen und man nahm sich vor, bloss den äussern Fuss der Umfassungen durch Steinwürfe zu stützen; einen Theil des Schlammes, dessen Anwendung so schlechte Resultate hatte, ersetzte man durch Thonerde. Damit endlich an den Fangdämmen so wenig Durchsickerungen wie möglich vorkommen, hatte man an ihrer Basis Ausbaggerungen vorgenommen, damit der Kern der Ausführung möglichst nahe auf den Felsen ruhe. Leider mussten die Baggerungen, welche nur mit der Hand gemacht werden konnten, da man sie nach dem Einschlagen der Hauptumfassungen vorgenommen, über der mit Blöcken gemischten Kiesschicht nothwendiger Weise aufhören und es konnte folglich der Boden nicht als wasserdicht betrachtet werden. Auch hatte die Schwierigkeit, sich zur rechten Zeit die ganze nothwendige Thonerde zu verschaffen, dahin geführt, noch eine beträchtliche Quantität Schlamm zu verwenden, und endlich zwang die Nothwendigkeit, das Fahrwasser für die Schifffahrt nicht zu behindern, nur zu sehr beschränkten Steinwürfen, welche für den Fuss der Umfassungen nicht immer hinreichend waren.

Die Anordnungen, die man für diese Pfeiler getroffen, sind in den Fig. 62 bis 67 dargestellt. Ungeachtet der Verbesserungen, die man gegen die Fundamentirung der vorstehenden Pfeiler einführte, zeigten sich sehr bald grosse Uebelstände. Der obere Theil der Fangdämme war anfänglich auf ungefähr 1m0 über Null festgesetzt worden, da der obere Theil der Umfassung durch die Verkleidung hinlänglich dicht gemacht worden war; es folgte aber daraus, dass der Fangdamm den grössten Theil der Zeit bedeckt war und dass einestheils die Variationen des Wasserstandes und anderseits die Wirkung der Strömung jeden Augenblick Zerstörungen an der Oberfläche und folglich Wasserdurchlässe veranlassten. Diese Zerstörungen waren um so häufiger, als der obere Theil zuerst von Schlamm gebildet worden war, während man den Thon vorzugsweise unten verwendet hatte. Man versuchte es diese Beschädigungen

dadurch auszubessern, dass man die Erde des Fangdammes mit Rasen, Brettern, die man durch Bruchsteine zusammenpresste, und mit Säcken bedeckte, welche mit Thon angefüllt wurden. Diese letzte Art Schutzmittel für die Oberfläche gelang, aber es war wegen der Senkungen und der Beschädigungen, welche bald an einem, bald an einem andern Punkt der Fangdämme häufig vorkommen, eine beständige Unterhaltung nothwendig.

Die Beschädigungen hatten mehrere Ursachen, und zwar erstens, wenn man die Baugrube vertiefte, führten die sich nach innen Bahn brechenden Quellen durch die Zwischenräume der Pfähle beträchtliche Quantitäten von Schlamm oder Thon in den obern und Kies in den untern Theil; es bildeten sich leere Räume, die sich immer mehr vergrösserten, bis sich der Fangdamm gesetzt hatte. Ein anderesmal erschütterte die Strömung, die in gewissen Momenten der Gezeiten sehr heftig war, die äussere Umfassung, brachte einzelne Theile derselben ausser Verbindung und entführte dem Fangdamm einen Theil der Erde; mehrmals endlich stiessen Fahrzeuge an die Umfassungen und es wurde sogar eines Tages eine Ecke von dem Fangdamm des Pfeilers Nr. 3 durch einen Stoss dieser Art gänzlich zerstört.

Die äusseren Umfassungen, welche aus auf Pfählen gestützten Fächern bestanden, hatten den Fehler, dass darin zu grosse Zwischenräume entstanden, durch welche das Wasser die Füllerde des Fangdammes angriff. Um diesem letzteren Uebelstande vorzubeugen, schlug man in das Innere des Fangdammes, 1^{m}85 von der innern Umfassung entfernt, eine Reihe gut verbundene Spundbohlen ein; dann nahm man den Schlamm heraus, der sich in der so gebildeten innern Abtheilung vorfinden konnte und ersetzte ihn durch Thon, so dass man einen Fangdamm herstellte, der nicht so stark als der erste jedoch besser gemacht war. Man machte ihn höher als früher, so dass der Thon eine kleinere Böschung etwas über Null gegen die Wand der innern Umfassung bildete (Fig 62 und 67). Die Nothwendigkeit aber, die Zangen zu erhalten, welche die äussere Umfassung zusammenhielten, verhinderte den dichten Anschluss der Spundwände, und die auf diese Art entstandenen Zwischenräume wurden noch schädlicher.

Während aller ersten Versuche, die ohne grosses Resultat für die Ausführung des Pfeilers Nr. 3 gemacht wurden, hatte der Ingenieur Dubreil mit Erfolg mehrere nützliche Anordnungen getroffen, z. B. anstatt die Lokomobile und die Pumpen auf den festen Gerüsten zu lassen, was den Nachtheil hatte, das Wasser beim Ebbestande viel zu hoch zu heben, hatte er diese Apparate auf Fahrzeuge gestellt, so dass die Hubhöhe mit dem Wasserstande selbst wechselte, doch wurde dieser Vortheil nur für den obern Theil, bis zu dem Punkte, wo das Pumpenrohr die Wand der Umfassung durchschnitt, verwirklicht; da aber dieser Punkt dem Nullpunkt (Fig. 62) korrespondirt, so gewann man noch 3^{m}0 Höhe in dem Moment des hohen Meeresstandes, was in jeder Zeit ausserordentlich ist und übrigens gegen die Sohle der Baugrube eine direkte Ausschöpfung möglich machte, welche ohne diesen Umstand nicht hätte ausgeübt werden können. Auf der andern Seite, wenn man nicht ununterbrochen ausschöpfte und die Wassergewältigung bloss bei der halben Fluth wieder begann, war es vortheilhaft die Umfassung schnell auszupumpen, und es hatte der Ingenieur Dubreil 1^{m}0 unter Null ein auch in Fig. 62 angegebenes Auslassrohr angebracht, das durch ein Ventil geschlossen wurde, welches man mit einem Strick von der Arbeitsbrücke aus handhaben konnte. Diese Verbindung hatte die Folge, dass während der Ebbe bei offenem Ventil das innere Wasser bis zum Niveau der Röhre so schnell als das Meerwasser selbst hinabsank, während in der ersten Periode der Fluth bei geschlossenem Ventil das innere Wasser nur so hoch stieg, wenn die Durchsickerungen die Wassermenge der Pumpen überstiegen. Wenn man dann mit dem Ausschöpfen aufhörte, was im Allgemeinen stattfand, wenn das innere Wasser bis zum mittleren Niveau gestiegen war, so nahm man, um den Fangdamm nicht zu beschweren, die Röhren der Pumpen ab, tauchte sie ins Wasser und öffnete gleichzeitig die Klappe des Auslassrohres, so dass das Wasser im Innern des Umfanges so schnell als im Flusse stieg. Sobald man aufhörte zu schöpfen, lag in der That ein grosser Vortheil darin, dass sich die Gleichheit des Niveaus zwischen dem Wasser der Baugrube und dem des Flusses mehr durch direkte Verbindung als durch Filtration herstellte; man vermied also Vergrösserung der Wasserdurchlässe. Bei Anwendung der äusseren Verkleidung, welche

ausgezeichnete Dienste leistete, die aber offenbar nicht bis unter den tiefsten Wasserstand fortgesetzt werden konnte, hatte der Ingenieur sehr zweckmässig eine innere Verkleidung angeordnet, die man vom Niveau des Ebbestandes an, nach Massgabe als man die Baugrube vertiefte, anbrachte, so dass die Filtrationen zwischen den Pfählen und besonders der Durchbruch des Thones beseitigt wurde, welche sich in diesen Zwischenräumen erzeugten, wenn ihre Breite etwas stark war. Endlich verwendete man häufig Taucher mit Skaphandern bekleidet entweder zum Verstopfen der Wasserdurchlässe oder zum Repariren der Fangdämme an ihrem untern Theil, oder zur Belastung der Blöcke, die man an der Sohle der Baugrube in den Momenten fand, wo man nicht ausschöpfen konnte.

Man war auf diese Weise mit vielen Anstrengungen dahin gelangt, den Pfeiler bis ungefähr 3m0 bis 4m0 unter Null auszugraben; man konnte aber die Ausgrabung nicht weiter fortsetzen, besonders aber sie nicht erhalten; man versuchte daher die Theilung der Baugrube in mehrere Theile, und da die Wasserdurchlässe hauptsächlich von stromaufwärts kamen, so vermeinte man den Theil stromabwärts leichter zu vertiefen indem man ihn von dem übrigen Theil der Baugrube durch einen Damm trennte, den man aus zwei Reihen Spundwänden herstellte, die man in ihrem obern Theil gegen die Querstützen spreizte; der Raum dazwischen wurde mit Thon tüchtig ausgepuddelt. Anfänglich schien dies gelingen zu wollen. es fehlte aber diesem auf dem Kies liegenden Damme an einer Basis; die Spundbohlen gaben am Fusse nach, enorme Wasserdurchlässe entstanden an der Sohle oder in den Winkeln der Verbindung mit der Umfassung, Man konnte endlich den Felsen in der stromabwärtigen Ausgrabung wahrnehmen und man begann sogar dort einigen Beton niederzulassen, es war aber unmöglich diesen Theil der Gründung damals fortzusetzen und zu vervollständigen.

Die Zeit verstrich, die Arbeit blieb stehen, und obgleich man immer den Erfolg in Händen zu haben schien, ereigneten sich fortwährend neue Unfälle. Indessen es musste ein Ende gemacht werden, und während man daran arbeitete die Fangdämme zu repariren und zu festigen, machte man Anstalten, die Baugrube ohne Ausschöpfung zu vollenden, indem man zu diesem Zweck nach und nach zwei Baggermaschinen in Thätigkeit setzte. Die erste, von Menschen bewegt, nahm den Schlamm, den Thon und den Kies, die durch das Wasser in die Baugrube geschwemmt waren, schnell hinweg; als man aber fortfahren wollte, in der mit Blöcken gemischten natürlichen Schicht von Kies und Geschieben zu graben, machte der Bagger keine Wirkung mehr. Man stellte nun die andere Maschine auf, welche durch eine Lokomobile in Bewegung gesetzt werden sollte; die vielen Abspreizungen aber behinderten das Arbeiten dieses Baggers ungemein; er musste oft auseinander genommen werden, was mit einer schweren Maschine schwierig und mit vielem Zeitverlust verbunden ist. Endlich, als der grosse Bagger auf eine wirksame Weise hätte benutzt werden können, gelangte man glücklicher Weise dahin, den Fangdamm gehörig dicht zu machen, was dahin führte, die Banquette in einigen Tagen zu vollenden und endlich den Felsen bloss zu legen, der so schwierig zu erreichen war.

Als die Ausgrabung bis beiläufig 2m0 unter den Pfahlspitzen eingedrungen war, musste man Böschungen machen, um das Terrain vor Einstürzen zu sichern, wie es in Fig. 62, 64 und 67 dargestellt ist. Es war damit kein Nachtheil verbunden, weil erstlich dieses Terrain fest war und besonders aber, weil der eigentliche Pfeiler, da die Böschungen der Grundfläche des Fundaments entsprechen, auf den Felsen gut aufgesetzt war. Diese Böschungen wurden nur nach und nach und mit vieler Vorsicht zu ihrer definitiven Form gebracht; es war nöthig, anfänglich sehr breite Banquette anzulegen, und man nahm sie dann nach und nach weg, um einer Betonnage Platz zu machen nach Massgabe als diese vorschritt.

Auf diesen Punkt gelangt, waren die Arbeiten mit ungemeinem Interesse verbunden. In dieser mit Arbeitern angefüllten Grube arbeitete jeder, um die Stunden der Ebbe zu benützen, mit dem grössten Eifer. Die einen hackten das Terrain los, die andern beluden die Körbe zum Aufziehen desselben, und wieder andere verarbeiteten den Beton. Jeden Augenblick, bald auf der einen, bald auf der andern Seite, zeigten sich Wasserdurchlässe unter den Pfählen; Kalfaterer beeilten sich sie zu verstopfen, was aber oft die Folge hatte, dass sie an einem andern Orte ausbrachen, und die an einer Stelle auftauchenden

Befürchtungen übertrugen sich augenblicklich auf einen andern. Nach Massgabe als das Meer stieg, wurden die Durchsickerungen häufiger, die Hölzer der Umfassungen krachten jeden Moment unter dem auf sie wirkenden enormen Druck; fortwährend besorgte man, dass eine der Wände der Baugrube unter den Pfählen nachgebe, und dass ein Eindringen von Kies und Thon stattfinden könnte, was den Einfall eines Theils vom Fangdamm zur Folge haben möchte. Indessen setzte man die Arbeit so lange Zeit als möglich fort, um die Betonnage zu befördern und vor dem Verlassen der Baugrube die Befestigung eines Theils der Umfassung zu vollenden. Als aber endlich die Lage zu gefährlich wurde, als das Wasser anfing überhand zu nehmen und einige spätere Minuten einen Unfall herbeizuführen drohten, welcher so viele Anstrengungen vergeblich zu machen drohte, hielt man mit der Ausschöpfung an, und man liess das äussere Wasser durch die Pumpröhren und durch das Auslaufsrohr ein; dann erwartete man mit Ungeduld die folgende Ebbe, um die Arbeit von Neuem zu beginnen und damit einen neuen für ihre Vollendung sehr wichtigen Schritt zu thun. Auf diese Weise konnte man bei vier Ebben Betonblöcke bilden, welche hinreichend waren, die vier Winkel der Umfassung vor jedem Unfall zu schützen; später verband man diese Blöcke unter sich, indem man an den am meisten ausgesetzten Wänden zuerst begann, und endlich vollendete man die Arbeit an dem mittleren Theile des Fundaments. Der Rest des Mauerwerks wurde bis über den höchsten Wasserstand sehr leicht aufgeführt.

Die Fundamentirung dieses Pfeilers Nr. 3 bei allen sich dargebotenen ungünstigen Verhältnissen, bei allen vorgekommenen Unfällen und bei allen Beschädigungen dauerte vom 26. September 1860 bis 30. Juni 1861, also beiläufig neun Monate; davon müssen freilich ungefähr zwei Wintermonate abgerechnet werden, in denen man gar keinen Versuch zum Arbeiten machte.

Bei den Pfeilern Nr. 2 waren die allgemeinen Verhältnisse dieselben, doch benutzte man die gemachten Erfahrungen; auch erlitt man weniger Unfälle und die Fundamentirung, obgleich später angefangen als die des Pfeilers Nr. 3, wurde vor dem Ende des Monats April beendigt.

Kosten. — Fundamentirungen so schwieriger Art gaben natürlich Veranlassung zu bedeutenden Ausgaben. Sie sind in der folgenden Tabelle summarisch angegeben und zwar die Durchschnitte für jede Gruppe von zwei Pfeilern in ähnlichen Verhältnissen; ausserdem lernt man daraus die allgemeinen Durchschnitte für das Ganze der Fundamentirungen im Flusse kennen.

Die Kosten pro Quadratmeter Fundament betragen im Durchschnitt 226 Frs. für die Hauptmittelpfeiler, 571 Frs. für die Pfeiler Nr. 1 u. 4, 1282 Frs. für die Pfeiler Nr. 2 u. 3, endlich 638 Frs. für das Ganze. Wenn man bloss die Verbindung der Hauptpfeiler und der äusseren Pfeiler Nr. 1 u. 4 betrachtet, so differirt der Durchschnittspreis (392 Frs.) wenig von dem von Auray (359 Frs.); bei den mittleren Pfeilern 2 u. 3 sind die Kosten viel grösser, was sich sehr gut durch die von uns dargestellten schlechten Verhältnisse erklären lässt, was aber auch gleichzeitig beweist, wie viele Eventualitäten bei Arbeiten dieser

Bezeichnung der Pfeiler	Tiefe der Fundamente unter dem höchsten Meere	Flächeninhalt der Fundamentmauern	Kosten			
			für äussere und innere Umfassungen	für Mauerwerk	für Ausgrabungen, Ausschöpfungen und Nebenarbeiten	Total
	Meter	Meter	Francs	Francs	Francs	Francs
Durchschnitt der Mittelpfeiler.	7,94	106	9630	5348	9022	24000
„ „ Pfeiler Nr. 1 und 4 .	9,17	98	19881	12361	23758	56000
„ „ „ „ 2 „ 3 .	9,60	78	28776	17709	53515	100000
Summa für drei Mittelpfeiler	26,71	202	58287	35418	86295	180000
Und für das Ganze der sechs Pfeiler	53,42	564	116574	70836	172599	360000
Summa	8,90	94	19429	11806	28765	60000

Art existiren und wie ausgedehnt die Grenzen sind, zwischen denen sich die Kosten bewegen. Es ist wohl wahr, dass die betrachteten Flächeninhalte bedeutend geringer für die Zentralmittelpfeiler sind, weil man gezwungen war, Böschungen zu reserviren und man nur den wirklich auf den Felsen ruhenden Theil als Fundamentmauer betrachten muss. Dieser Umstand übt offenbar viel Einfluss auf die Kosten des Quadratmeters aus. Für das Gesammte der Fundamente war der Preis bei einem Pfeiler von Hennebon 60,000 Frs., während er bloss 31,000 Frs. bei Auray für eine im Wesentlichen gleiche Tiefe beträgt; die Dimensionen der Pfeiler sind freilich stärker bei Henneben, dennoch erklärt diese Betrachtung nur einen Theil der Vermehrung, während der übrige Theil auf anderen Ursachen beruht, über die wir berichtet haben.

Der Preis von 638 Frs. pro Quadratmeter Fundament bei einer Tiefe von 8^{m}90 unter dem höchsten Meeresstande, welcher folglich 71 Frs. pro Kubikmeter korrespondirt, ist ohne Zweifel bedeutend; bei einem grossen Werke aber wie der Viadukt von Hennebon, bei dem die Eisenbahnzüge in einer Höhe von 27^{m}0 über Bogen von 22^{m}0 Spannweite verkehren, war es sehr wichtig den Felsen bloss zu legen, und darauf die Fundamente unter Verhältnissen zu errichten, welche alle Sicherheit gewähren. Bei einem solchen Resultat darf man die gebrachten Opfer nicht scheuen, welche übrigens wahrscheinlich auch geringer sein werden bei einer andern unter ähnlichen Verhältnissen stehenden Arbeit, weil man einen Theil der bei Hennebon vorgekommenen Unfälle vermeiden würde. Wir haben dieselben eingehend beschrieben, um die Arbeitsschwierigkeiten zur Kenntniss zu bringen und besonders um die zu vermeidenden Anordnungen oder die Massregeln zu bezeichnen, welche bei Fundamentirungen dieser Art künftig mit Nutzen zu ergreifen sind; man muss aber nicht daraus schliessen, dass die vorgekommenen Unfälle à priori leicht hätten vermieden werden können. Sie haben in dem vorliegenden Falle ihren Grund darin, dass man nach den Untersuchungen den Felsen da zu finden glaubte, wo sich nur die mit Blöcken und Thon gemischte Kiesschicht befand. Hätte sich dieses bestätigt, so würden sehr wahrscheinlich die beim Anfange getroffenen Dispositionen genügt haben. Das, was geschehen ist, beweist, welche Aufmerksamkeit darauf zu verwenden ist, genaue und vollständige Bohrungen zu besitzen, bevor man eine grosse Arbeit beginnt. Selbst in dem Falle, dass man die Beschaffenheit des Bodens vorher vollkommen gekannt hätte, würde man wahrscheinlich nicht ohne Schwierigkeiten zu Ende gekommen sein; man hätte gewisse Anordnungen sicherlich modifizirt und man würde einen grossen Theil der vorgekommenen Unfälle vermieden haben; man wäre aber vielleicht auch auf andere gestossen, wovon wir ein Beispiel in der Fundamentirung eines Hauptpfeilers der Brücke von Scorff sehen. Wir sind indessen der Meinung, dass man, wenn man die Beschaffenheit des Terrains vorher gut gekannt hätte, wenn auch nicht eine bedeutende Summe, doch wenigstens sehr viel Zeit hätte ersparen können. Die Schwierigkeiten sind aber bei Hennebon nach und nach entstanden, und es würde ungerecht sein, wenn man es nicht anerkennen wollte, welche Anstrengungen der Ingenieur Dubreuil, der Sektionschef Mangin und das unter ihnen stehende Personal zu ertragen hatten, welche Sorgfalt und Intelligenz sie anwenden mussten, um gegen die Hindernisse zu kämpfen, welche jeden Augenblick an einer Stelle bewältigt wurden, an der andern Stelle aber unter einer neuen zum Vorschein kommen; man musste oft beim schlechtesten Wetter Nachts arbeiten, um die Stunden der Ebbe zu benutzen; mehrmals musste man ein und dasselbe Unternehmen von Neuem beginnen, ohne entmuthigt zu werden, und endlich musste man Mittel finden, den Unfällen verzubeugen oder deren Wiederholung zu verhindern, und diese letztern Untersuchungen führten auf mehrere sinnreiche Dispositionen, die mit Erfolg bei andern Bauten benutzt werden können.

Viadukt des Scorff. Fundamentirung der gemauerten Theile. — Die über den Fluss Scorff am Eingange von Lorient erbaute Brücke besteht aus drei grossen eisernen Travées, deren Pfeiler mittels komprimirter Luft gegründet wurden, und aus mehreren gemauerten Bogen, deren Fundamentirung mit Ausschöpfung stattfand. An dem linken Ufer wurde das Unternehmen ohne die geringste Schwierigkeit bewirkt, weil der Felsen bei niedrigem Meere zu Tage kommt; derselbe Fall war es an dem rechten Ufer mit den von dem Thalweg am entfern-

testen Pfeilern; da sich aber der Felsen nach und nach gegen das Flussbett neigt, so gaben die letztern dieser Pfeiler und besonders der grosse Hauptpfeiler der eisernen Brücke Veranlassung zu den ernstesten Schwierigkeiten.

Die Fundamentirungen dieser gemauerten Brücke am rechten Ufer sind in Fig. 68 u. 69 (Blatt 67) dargestellt. Man fing damit an, einen ersten Fangdamm zwischen dem 3. und 4. kleinen Pfeiler zu errichten, um den ganzen bei niedrigem Meere gewöhnlich hervorragenden Theil der Wirkung der Fluth zu entziehen. Dieser Fangdamm, dessen Details in Fig. 77, 78 u. 79 dargestellt sind, besteht aus Pfählen in einmetrigen Entfernungen, die unter sich durch mehrere Reihen Zangen verbunden sind, zwischen denen man von einer und der andern Seite der Pfähle Felder oder Verkleidungen von Bohlen befestigt hat, deren Zwischenraum mit gut gestampftem Schlamm ausgefüllt wurde. Dieser zwischen zwei sehr nahe liegenden Verkleidungen eingepresste Schlamm genügt zur Wasserdichtigkeit des Fangdammes. Die Pfähle erhielten ihre Standfestigkeit am Fusse durch Steinwürfe und wurden verbunden durch ein kleines Mauerwerk im Moment des niedrigen Meeres, so dass das Wasser unter den Verkleidungen des Fangdammes nicht durchfliessen kann; die ganze durch innere Streben verbundene Konstruktion wird gegen den Druck des äussern Wassers durch einen starken Steinwurf geschützt, der sich etwas über Null erhebt; die Ecken wurden ausserdem nach Fig. 78 durch Zangen verbunden. Diese von dem Sektionschef Guillemain angegebene Disposition hat sich wohl bewährt und hat den Vortheil, keinen grossen Raum einzunehmen; nur ist es nothwendig, dass der Fuss des Fangdammes mit dem Boden in gehörige Verbindung tritt. Man erreichte dieses Resultat für die erste Umfassung, indem man den Fuss der Verkleidungsbohlen (panneaux) in ein kleines Mauerwerk einliess und setzte dies bis zu dem Pfeiler 2 unter Benützung des Ebbestandes zur Springzeit fort. Ueber diesen Punkt hinaus befolgte man ebenfalls die Anwendung eines schmalen Fangdammes nach demselben System und gab ihm eine solche Richtung, dass die Fundamentirung der Pfeiler 2 u. 3 in einer zweiten Umfassung eingeschlossen waren; bloss von dem Punkte an, wo der Felsen bei niedrigem Meere nicht mehr hervorragte, war man genöthigt, ausserhalb des eigentlichen Fangdammes eine neue Reihe von Pfählen einzuschlagen, die man ebenfalls verkleidete und den Zwischenraum bis etwas über dem niedrigsten Wasserstande mit Thon ausfüllte. (Fig. 1 u. 2.) Dieser Thon verhinderte den Durchgang des Wassers unter dem eigentlichen Fangdamm, und man konnte auf diese Weise sehr leicht die Fundamente der Pfeiler 2 u. 3 aufführen. Die Kosten der Fangdämme dieses ersten Theiles der Brücke erhoben sich auf beiläufig 20,000 Frs. bei einer Länge von 110^{m}0 und einer durchschnittlichen Höhe von 6^{m}0; es entfallen daher auf den laufenden Meter 180 Frs. oder 30 Frs. pro Quadratmeter. Dieses, wie man sieht, nicht kostspielige System kann in gewissen Fällen mit Vortheil angewendet werden.

Nächst der Anwendung dieses Systemes blieb noch die Gründung des ersten kleinen Pfeilers und des grossen Hauptpfeilers der eisernen Brücke übrig. Diese letztere Fundamentirung hatte ernstliche Schwierigkeiten; sie musste bei 8^{m}25 unter dem hohen Meeresstande in einem oben aus Schlamm, unten aus Sand bestehenden Terrain, mitten im Flusse, und an einem Punkte hergestellt werden, welcher starker Fluth und Ebbeströmungen ausgesetzt ist. Die Situation war also der der Zentralmittelpfeiler von Hennebon ähnlich, und da man bei diesen letzteren viele Mühe beim Ausschöpfen hatte und viel zu viel Zeit verwendet worden war, versuchte man es in dem gegenwärtigen Falle mit der Anwendung eines hölzernen Kastens ohne Boden.

Dieser in Fig. 70, 71 und 72 im Ganzen und in Fig. 73, 74, 75 und 76 in seinen Haupttheilen detaillirt dargestellte Kasten vereinigt in sich die Eigenschaften des wasserdichten und des durchbrochenen Kastens, denn da wir die Ausschöpfung beabsichtigten, so musste der Kasten wasserdicht sein, und da auf der andern Seite der Felsen sehr ungleich war, so mussten die Spundbohlen zwischen den Zangen eingeschoben werden, um sich an alle Punkte des Perimeters anzulegen. An dem obern Theile konnte die kalfaterte Verkleidung immer ganz leicht, nach der Aufstellung des Kastens, im Ganzen hergestellt werden, an dem untern Theile aber war es nothwendig, dass sie vorher angebracht sei, damit die Bewegung der Spundbohlen zwischen den Zangen nicht behin-

dert werde. Zu diesem Zwecke brachte man zwischen den letztern Reihen dieser Zangen senkrechte Bohlen an, woran man die Verkleidnng nagelte, welche dann bis unter die unterste Zange und ungefähr 0m30 über dem Felsen fortgesetzt wurde; die Lage dieses Felsens war übrigens durch Untersuchungen nach dem Baggern und vor dem Aufstellen des Kastens erhoben worden.

Dieser Kasten wurde wegen der grossen Dimensionen und hauptsächlich wegen der bedeutenden Pressnngen, die während der Ausschöpfungen auf ihn wirken, fest konstruirt. Er wurde auf einer Schiffswerfte verbunden, dann ins Wasser gelassen und bei vollem Meere an seinen Platz geführt, damit man ihn beim Ebbestande auf den vorher bloss gelegten Felsen setzen konnte. Da man aber nicht die Vorsicht gebraucht hatte ihn gehörig zu belasten, so erhob er sich beim folgenden hohen Wasserstande und man musste die Operation des Aufstellens von neuem beginnen. Der Kasten bestand damals bloss aus drei untern Reihen von Zangen, senkrechten Ständern, der Verkleidung über Null und endlich den letzten Verstrebungsreihen. Man brachte die Spundbohlen so schnell als möglich an Ort und Stelle und befestigte den Kasten in seiner definitiven Stellung. Man hatte anfänglich die Absicht die Verbindung des Kastens mit dem Felsen durch eine äussere, von einem mit Thon angefüllten Sack bedeckende Anschüttung wasserdicht zu machen; da aber in dem Scorff die Strömung zu heftig war, und da die Marine die Konstruktion eines anfänglich zum Schutz des ganzen Fundamentes projektirten Dammes nicht genehmigt haben würde, so wurden wir veranlasst im Laufe der Ausführung die nrsprüngliche Anordnung zu verändern und statt des beabsichtigten äussern Dammes einen innern Fangdamm zu errichten, den man aus Beton in der Art erbaute, dass er später selbst einen Theil der Fundamentmauer ausmachte; man hielt ihn durch Verkleidungen, die man durch senkrechte eiserne Stangen verband (Fig. 71 und 72). Durch diese Anordnung wurde der leere Raum unter der äussern Verkleidung ganz wasserdicht gemacht; nur war die untere Reihe von Stützen, die man früher in Voraussicht der äussern Umdämmung angebracht, sehr schädlich; es entstanden dadurch in dem Beton an vielen Stellen Trennungen, und die Arbeit der Ausfüllung wurde schwieriger gemacht; endlich wurde eine dieser Stützen und selbst ein Theil der korrespondirenden Zangen gegen einen Vorsprung des Felsens geschoben, was zu einem sehr bedauerlichen Wassereinlass Veranlassung gab. Die Folge davon waren bedentende Ausschöpfungen und eine grosse Erhöhung der Kosten, welche sich auf 89000 Frs. beliefen und aus folgenden Rubriken bestanden:

Baggerung	3670 Fr.
Zimmerarbeit und Eisen des Kastens inclusive der nöthigen Gerüste zur Konstruktion und zum Aufstellen . .	23575 „
Steinwürfe um den Kasten	1925 „
Zementbeton, sowohl für den Fangdamm als für die Mauer bis zum Niveau des niedrigsten Wassers	18780 „
Einsetzen des Fangdammes	2885 „
Wasserschöpfen	11000 „
Anlieferung und Reparatur des Materiales	13870 „
Verschiedene Ausgaben, Lieferungen, Aufsicht etc.	13295 „
Summa	89000 Fr.

Wenn man als Oberfläche der Fundamentmauer den innern Querschnitt des Kastens im Niveau des untern Theiles vom Sockel betrachtet, was rationell ist, weil hier die Vergleichungsfläche mit der der übrigen Grundmauern vergleichbar ist, und wenn man selbst keine Rücksicht auf die Vergrösserung des Absatzes nimmt, so findet man, dass diese Grundfläche 153m0 und dass folglich der Preis pro Quadratmeter 582 Francs beträgt, also bei weitem nicht so viel als bei den Zentralmittelpfeilern von Hennebon. Wenn man im Gegentheil die Totalkosten betrachtet, so findet man, dass sie ganz im Verhältniss mit denen von einem dieser Zentralmittelpfeiler sind, wenn man Rücksicht auf die Differenz der Tiefe nimmt, nämlich 8m25 anstatt 9m60; nur muss man berücksichtigen, dass bei Lorient der Querschnitt des zu gründenden Mittelpfeilers an der Basis etwas grösser war (77m0 anstatt 65) und dass endlich die Dimension der disponiblen Grundmauer die Ausführung eines noch grössern Pfeilers gestattete; folglich ist der Preis des Kubikmeters (71 Fr.) bloss dem allgemeinen Durchschnitt von Hennebon gleich. Endlich war die Dauer der Ausführung eine bedeutend kürzere, denn bei Lorient überstieg sie kaum drei Monate.

Uebrigens muss man es anerkennen, dass der Versuch der Anwendung eines Kastens zu Lorient unter ungünstigen Verhältnissen gemacht wurde, denn der Felsen war ausserordentlich ungleich, wie aus Fig. 71 und 72 zu ersehen ist, und ausserdem entschied man sich zu spät, den Fangdamm im Innern anzulegen, folglich hatte man alle die Unbilden zu erleben, die durch die untere Reihe der Verstrebungen entstehen. Auf einem ebenern Terrain, und wenn man gleich anfänglich den Entschluss zu einem inneren Fangdamme gefasst hätte, würden sich die Fundamentirungskosten beträchtlich vermindert haben, und es bietet dieses Mittel den grossen Vortheil eines sehr soliden Mantels zum Schutz der Beschädigungen, denen die äussern Fangdämme ausgesetzt sind.

Bei dem kleinen Pfeiler Nr. 1 war die Fundamenttiefe sehr bedeutend (4^m^20 unter Null oder 7^m^25 unter dem höchsten Meeresstande); der Kasten des Hauptmittelpfeilers aber gab einen vortrefflichen Stützpunkt, und man verband damit Fangdämme, welche demjenigen ähnlich sind, der zwischen den beiden ersten Mittelpfeilern gemacht wurde (Fig. 68 und 69), nur war die Verbindung zwischen den Fangdämmen und dem Kasten schwierig herzustellen, und es entstanden daher Wasserdurchlässe bei der Ausschöpfung. Die Kosten der Gründung dieses Pfeilers beliefen sich auf 25200 Fr., die der fünf andern kleinen Mittelpfeiler auf 43000 Fr.

Der Viadukt von Quimperle. — Bei dem Viadukt von Quimperle hatten die Fundamentirungen bei weitem weniger Schwierigkeiten als bei den vorstehenden Bauwerken, denn bei den drei Flusspfeilern dieser Brücke lag der Felsen bloss 2^m^40 unter Null oder beiläufig 5^m^50 unter dem höchsten Meerwasserspiegel; da indessen das Bett der Laita, über welche dieses Bauwerk führt, ein Gefälle bis zu seiner Ausmündung hat, so fällt das Wasser an der Baustelle, selbst bei der niedrigsten Ebbe, nicht mehr als 0^m^40 unter den Nullpunkt; man hatte daher die Fundamente etwa 2^m^0 unter den niedrigsten Wasserspiegel hinabzuführen, wobei man sich vor dem hohen Meere zu schützen und folglich die Arbeiten so anzuordnen hatte, dass man unter Wasserdrücken, die von 2^m^0 bis 5^m^50 abwechselten, mit Ausschöpfung fundamentiren konnte.

Bei den beiden äussern Pfeilern, welche nächst den Ufern liegen, konnte man leicht Fangdämme herstellen, die sich an diese Ufer selbst anschlossen und an ihnen gute Stützpunkte hatten; bei dem Zentralmittelpfeiler 3 aber würden gewöhnliche Fangdämme den Nachtheil gehabt haben, dass sie zu viel Raum einnehmen und die Schifffahrt behindern, und übrigens würden die Pfähle, da das Terrain über den Felsen nur geringe Mächtigkeit hatte, keine grosse Festigkeit geboten haben. Man fasste daher den Entschluss einen gezimmerten Kasten ohne Boden anzuwenden, der Figur 80, 81 und 82 im Ganzen, Figur 83 bis 86 aber in den hauptsächlichsten Details dargestellt ist. Dieser Kasten war vom Anfange an so eingerichtet, um einen innern Fangdamm aufzunehmen; man hatte keine Dossirung angenommen, um die Ausfüllung des Fangdammes zu erleichtern, und man hatte die Verkleidung innerhalb angebracht, damit sie mit dieser Ausfüllung in Berührung komme und dass folglich das Wasser durch die Zwischenräume der senkrechten Spundbohlen nicht in das Innere dringen konnte; die Spundbohlen liessen sich wie bei Lorient zwischen den Zangen verschieben, um allen Unebenheiten des Bodens angepasst werden zu können; eine Anordnung, welche dringend nothwendig ist, wenn die Sohle des Flussbettes aus Felsen besteht. Endlich schrägte man noch den untern Theil der letzten innern Zange ab, damit unter derselben kein leerer Raum verbleibt, wenn man den Fangdamm ausfüllt.

Das Terrain über dem Felsen hatte nur eine Mächtigkeit von beiläufig 1^m^50; der obere Theil war Sand, der Rest aber bestand aus zusammengewachsenem Kies mit Blöcken vermischt und sehr schwierig zu baggern; man machte diese Baggerung nur rings um den Kasten und für den Raum zum innern Fangdamm; doch konnte man sie nicht an allen Punkten ganz bis zum Felsen fortsetzen, und es entstanden unter dem Fangdamm einige Durchsickerungen, welche sonst ganz hätten vermieden werden können. Nach dieser Baggerung stellte man den Kasten auf, setzte die Spundbohlen ein, vervollständigte die obere Verkleidung, und gleichzeitig ging man mit der Herstellung des Fangdammes in dem untern Theile vor. Auch hütete man sich wohl, Verstrebungen in dem untern Theil des Kastens anzubringen, um den grossen Uebelstand zu vermeiden, den man bei Lorient

erloht hatte; die untere Reihe befand sich 3m70 über der Sohle, und an dieser Reihe befestigte man Bohlen, die einen Rahmen im Innern des Fangdammes bildeten (Fig. 85); an diesen Bohlen brachte man gerade bei don senkrechten Ständern des Kastens die in Fig. 86 dargestellten Ringe an, worin man eiserne Stangen von 0m03 Durchmesser schob, deren Spitzen in den Felsen griffen; gegen diese Stangen legte man eine Verkleidung von Brettern, und dann füllte man den Raum zwischen dieser Verkleidung und der Verkleidung des Kastens (Fig. 81 und 82) mit eingestampftem Thon aus. Die Anwendung des Thones ist minder kostspielig als die des Betons und hat den Vortheil, dass man später den Kasten wegnehmen und ihn zu einem andern Pfeiler bringen kann, wenn man mehrere derselben unter den gleichen Verhältnissen zu gründen hat. Von einer andern Seite betrachtet, ist in diesem Falle der Platz des Fangdammes für den Absatz des Fundamentes verloren, und man findet sich veranlasst den Kasten viel grössere Dimensionen zu geben als denen der Basis des Pfeilers selbst. Macht man dagegen die Fangdämme von Beton, so kann man sie in das Mauerwerk des Fundaments eingreifen lassen, unter der einzigen Bedingung, sie mit dem mittleren Kern gehörig zu verbinden, wenn man diesen letztern anfführt. Beide Anordnungen können nach den Verhältnissen mit Vortheil angewendet werden; handelt es sich z. B., um mehrere Pfeiler von beschränkten Dimensionen in einer geringen Tiefe zu gründen, so empfehlen wir den Fangdamm mit Thon, welcher die mehrmalige Verwendung ein und desselben Kastens gestattet; wenn dagegen Pfeiler von grossen Dimensionen zu gründen sind, z. B. Hauptmittelpfeiler in einer beträchtlichen Tiefe, so liegt es im Interesse des Baues, den Kaston so viol als möglich zu reduziren, damit er leichter zu handhaben sei und nicht zu kostspielig wird; wir sind daher in diesem Falle der Meinung, Fangdämme von Beton anzulegen, welche mit dem übrigen Theil des Fundaments vereinigt werden.

Wir haben uns etwas länger bei den Kasten des Pfeilers Nr. 3 zu Quimperle aufgehalten, weil er für oinen innern Fangdamm sehr gut angeordnet war, und die Anwendung dieses letztern scheint uns grosse Vortheile darzubieten, wenn man damit in der Mitte oiner starken Strömung arbeitet. In diesem Falle würden in der That die äussern Umwallungen von Dämmen oder bedeutenden Steinwürfen geschützt werden müssen und sind ausserdem auch sehr schwierig auszuführen; die innern Fangdämme dagegen sind unter dem Schutz der Umfassung des Kastens der innern Fangdämme leicht herzustellen und sio befinden sich dann von derselben gehörig gedeckt.

Die Ausgaben für die mit Ausschöpfung verbundenen Fundamentirungen der drei Flusspfeiler des Viadukts von Quimperlo erheben sich auf 56,200 Frs. oder durchschnittlich 18,700 Frs. pro Pfeiler. Die Grundfläche des Mauerwerks von jedem Pfeiler beträgt 83m0 und es entfallen daher pro Quadratmeter Fundament bei 5m50 unter dem hohen Meere 225 Frs. und pro Kubikmeter 41 Frs.

Diese Arbeiten wie auch die von Hennebon und Scorff standen unter der Leitung des Ingenieurs Duhreuil.

V. Fundamentirungen mit eingelassenem Beton.

Die Fundamentirungen mit unter Wasser gelassenem Beton haben oft bei gewöhnlichen Terrains sehr grosse Vortheile, sowohl in Bezug auf Oekonomie als der Geschwindigkeit der Ausführung; bei schlammigem Terrain aber sind dio Anwendungen dieser Fundamontirungsmethode bei weitem beschränkter.

Anwendung bei starken Schlammschichten. — Bei mächtigen Schlammschichten sind die Fundamentirungen mit versenktem Beton im Allgemeinen zu vermeiden. In der That, wenn man die Ausbaggerung vor der Herstellung einer Umfassung vornehmen wollte, so würde damit eine grosse Ausdehnung der Baugrube verbunden sein, woil man den Böschungen eine bedeutende Neigung geben müsste, um Abrutschungen zu vermeiden. Wenn man dagegen zuerst eine Umfassung schlägt, so wird die Ausbaggerung in diesem beschränkten Raume bei kompaktem Schlamme beinahe unpraktisch sein und in allen Fällen würde die Umfassung, da sie unten nicht verstrebt werden kann, unter dem äussern Druck, der immer noch mächtig sein wird, obgleich der Schlamm im Wasser einen beträchtlichen Theil seines Gewichtes verliert, nachgeben. Die erste Anordnung, die in einer Ausbaggerung im Grossen be-

steht, würde noch die ausführbarste sein; sie führt aber zu grossen Irrthümern, denn es ist sehr schwierig zu errathen, wie weit sich die Unordnungen ausdehnen können, welche durch die Eröffnung einer Baugrube von 8 bis 10m0 Tiefe entstehen. Wenn der Schlamm dicht wäre, so wäre er viel schwerer als das Wassor, und folglich würde die Last des Terrains an diesem oder jenem Theile der Baugrube das untere Terrain herausdrängen. Wäre dagegen der Schlamm weich, so würde seine Dichtigkeit von der des Wassers wenig differiren; er würde aber auch leichter fliessen, und von einer gewissen Tiefe an würde sich die Baugrube, je mehr man sie zu vertiefen suchte, anfüllen. Man wäre also in jedem Falle sehr ernsten Eventualitäten ausgesetzt; selbst wenn man aber davon Umgang nehmen wollte, so würde diese Gründungsmethode wegen der damit verbundenen Kosten nicht vortheilhaft sein. Wir haben die Berechnung angestellt, wie gross die Kosten für die Oustbrücke gewesen sein würden, welche, aus drei Spannweiten von mässiger Grösse bestehend, sich sehr gut zur Vereinigung der beiden Mittel- und der beiden Landpfeiler in eine einzige Baugrube geeignet hätte, wobei sie sich in weniger ungünstigen Verhältnissen befunden haben würde als die Werke, bei welchen die Baugruben abgesondert hätten angelegt werden müssen und jede enorme Böschungen erhalten haben würde, was die auszubaggernde Masse bedeutend vermehrt hätte. Um das Fundament auf dem Felsen in einer Tiefe von 11m50 unter dem natürlichen Terrain herzustellen, haben wir angenommen, dass man die Ausgrabung zuerst bis auf 3m0 Tiefe trocken legen würde, dass man den übrigen Theil durch Ausbaggerung mit zweifüssiger Böschung fortsetzte, dass man endlich in der so hergestellten Baugrube separirte Umfassungen für jeden Mittel- und jeden Landpfeiler schlagen und diese mit versenktem Beton ausfüllen würde. Die Berechnung ergab nach den für diese Brücke festgestellten Adjudikationspreisen die folgenden Resultate:

Obere Ausgrabungen und Ausbaggerungen für einen Totalinhalt von 44000 Kubikmetern	64237 Frs.
Umfassungen, zusammen 148 laufende Meter	32405 „
Summa	96642 Frs.
Uebertrag	96642 Frs.
Eingelassener Beton, 2550 Kubikmeter	46752 „
Steinwürfe zur Umfassung der Einfassungen und spätere Umwallung um die Mittel- und Landpfeiler (1800m0 Steinwürfe und 20000m0 Umwallung)	40850 „
Für Beseitigung von eingestürzter Erde, Ergänzung der Baggerung, Ausschöpfung für das Mauerwerk über den Beton u. s. w. (1/5 ungefähr des Betrages der vorstehenden Arbeiten)	35756 „
Summa	220000 Frs.

Da der Flächeninhalt der Grundmauer 300m0 ist, so entfallen für den Quadratmeter Fundament 733 Frs. Diese Summe übersteigt diejenige der wirklich verausgabten Kosten für die Fundamentirung auf Piloten nach der Kompression des Bodens (690 Frs.), obgleich diese letztere, wie wir auseinandergesetzt, bei der Oustbrücke unter ausserordentlich ungünstigen Verhältnissen verwendet wurden. Dieser Preis aber würde denjenigen einer Fundamentirung mit Ausschöpfung, wie man ihn aus dem Beispiel von Auray aufstellen könnte, wenn man Rücksicht auf die Differenz der Tiefe nimmt, und welche sich höchstens auf 500 Frs. beläuft, noch weit mehr übertreffen. Es geht daher aus diesem Beispiele hervor, dass bei starken Schlammschichten die Fundamentirung auf eingesenktem Beton kostspieliger sein würde als eine andere, dass sie aber auch gleichzeitig nach unserer Ansicht wegen der Unordnungen, die dadurch in den anliegenden Terrains hervorgebracht werden könnten, weit mehr Eventualitäten zu befürchten hat.

Anwendung bei mittelmässigen Schlammschichten. — Wenn die Stärke des Schlammes geringer ist und besonders, wenn es sich darum handelt, einen Bau in einem Flusse zu gründen, so nähern sich die Kosten der Fundamentirung mit versenktem Beton denjenigen der Fundamentirungen mit Ausschöpfung. Es ist in der That augenscheinlich, dass die Differenz der Herstellungskosten, da der Kubus der Ausbaggerung sich einerseits vermindert, während sich die Schwierigkeit der Ausschöpfung vermehrt, anfänglich zu verschwinden scheint, dann aber eine andere Richtung nimmt, so dass das Verfahren, welches anfänglich das kostspieligste war, später das ökonomischste wird. Bei mittelmässigen Schlamm-

schichten ist man von der Gleichheit der Kosten nicht weit entfernt. So hatte man bei dem genehmigten Projekt von Auray angenommen, dass von den sieben in der Thalsohle gelegenen Pfeilern bloss zwei, die in der Verlandung gelegenen, durch Ausschöpfung, und dass die fünf anderen Nr. 4, 5, 6, 7 u. 8 auf eingesenktem Beton in Umfassungen bis zu dem Niveau des niedrigsten Meeres gegründet werden sollten. Die Kostenberechnung des Entwurfes nach den adjudizirten Preisen ergibt folgende Resultate:

Baggerung in den Umfassungen . .	7142 Frs.
Umfassungen	39752 „
Versenkter Zement-Beton (2690 Kubikmeter)	106416 „
Zementverputz	937 „
Steinwürfe	4554 „
Für Ausschöpfungen zwischen dem niedrigen und dem hohen Meeresstande, verschiedene Ausgaben etc.	31199 „
Summa	190000 Frs.

Oder im Durchschnitt pro Pfeiler 38000 Frs. Nach der früher mitgetheilten Tabelle über die bei dem Viadukt von Auray wirklich gemachten Ausgaben hat die Fundamentirung derselben Pfeiler Nr. 4, 5, 6, 7 u. 8 gekostet 159624 Frs. oder beiläufig 32000 Frs. pro Pfeiler.

Die Fundirung mit Ausschöpfung hat also noch in diesem Falle zu einer wesentlichen Ersparung geführt, und es ist wohl zu bemerken, dass in der Wirklichkeit die Baggerungen nicht so ausgeführt hätten werden können als es projektirt war; man hätte also im Grossen baggern müssen, und dann würden sich die Kosten für diesen Theil des Baues bedeutend vermehrt haben.

Von einer andern Seite betrachtet, würde die Fundamentirung mit versenktem Beton einen beträchtlichen Nachtheil haben, den nämlich, dass sie im Meerwasser stattfindet. In der That, wenn man mit Ausschöpfung fundamentirt, so braucht man nur zur Verhinderung der Zersetzung des Mörtels die Aussenseiten mit Zementmörtel auf $0^m 40$ Stärke zu mauern; wenn man aber Beton versenkt, so ist man offenbar gezwungen, für die ganze Masse Cement zu verwenden. Es hätte also das Mauerwerk der fünf Pfeiler, welche in der Wirklichkeit nur 48217 Frs. kosteten, in Uebereinstimmung mit der obigen Rechnung für eine Summe von 106433 Frs. durch Beton ersetzt werden müssen. Es geht also hieraus hervor, dass wenn man, anstatt im Meerwasser zu gründen im Süsswasser arbeitete, bei sonst gleichen Verhältnissen die Gründung mit versenktem Beton im Gegentheile ökonomischer geworden wäre. In der That, wenn man anstatt Zementbeton à 39,56 Frs. pro Kubikmeter Beton von gewöhnlichem hydraulischem Kalk à 16,56 Frs. (beide genehmigte Preise) verwendet hätte, so würde der Beton nur 44546 Frs. anstatt 106416 Frs. gekostet haben; die fünf Pfeiler zusammen hätten ungefähr 128000 Frs. erfordert und jeder von ihnen nach der revidirten Berechnung wäre nur auf 25600 Frs. gekommen. Auf der andern Seite wäre der Preis des Mauerwerks der Fundamentirung mit Ausschöpfung von 48217 Frs. auf 31768 Frs. in Folge der Weglassung des Zements an den Aussenflächen vermindert worden. Die Gesammtkosten wären also auf 143000 Frs. für alle fünf Pfeiler oder auf 28600 Frs. pro Pfeiler im Durchschnitt reduzirt worden.

Die Fundamentirung mit eingesenktem Beton hätte also in diesem Falle in ökonomischen Verhältnissen gestanden; der berechnete Preis wäre aber in der Ausführung wahrscheinlich überschritten worden, und zwar wegen der Nothwendigkeit im Grossen zu baggern, und in allen Fällen würde die Fundamentirung mit Ausschöpfung vorzuziehen gewesen sein; denn wenn die Differenz der Kosten nicht bedeutend ist, so kann man keinen Anstand nehmen, diejenige Methode zu wählen, welche die meiste Sicherheit gewährt, und die Vortheile der Fundamentirung mit Ausschöpfung sind in dieser Beziehung unbestreitbar.

Die Stärke des Schlammes bei den fünf Flusspfeilern ist bei Auray im Durchschnitt $5^m 50$, und folglich fände bei dieser Grenze ungefähr ein Aequivalent des Preises zwischen den beiden Systemen statt, sei nun die Differenz nach einer oder der andern Richtung sich neigend, je nachdem man genöthigt ist, Zement anzuwenden, d. h. je nachdem man in salzigem oder in süssem Wasser gründen muss. Nur ist bei dieser Stärke, mit Rücksicht auf die Sicherheit, ein wirklicher Vortheil dabei, die Fundamentirung mit Ausschöpfung anzuwenden.

Anwendung bei schwachen Schlammschichten. — Wenn aber die Schlammschicht sehr

schwach und wenn gleichzeitig das Terrain des Felsens nicht schwierig zu baggern ist, so ist wirklich eine bedeutende Oekonomie damit verbunden, den versenkten Beton anzuwenden.

Wir haben berechnet, wie hoch die Kosten der Fundamentirung des Hauptmittelpfeilers der Brücke des Scorff nach diesem System gewesen wären, bei welchem die Tiefe des Terrains über dem Felsen nur 2m0 im Durchschnitt war, und wo dieses Terrain durch eine vorhergehende Baggerung beinahe ganz hätte weggenommen werden können. Man hätte in diesem Falle einen Kasten ohne Boden anwenden müssen, und es wäre selbst zweckmässig gewesen, ihn auf dem ganzen Theile über dem niedrigen Meere mit einer kalfaterten Verkleidung zu versehen, um die Aufführung des Mauerwerks über diesem Niveau zu erleichtern und einen innern zu hohen Fangdamm zu entbehren. Nur hätte der Kasten, da er nicht mehr so starken Pressungen ausgesetzt gewesen wäre, weniger widerstandsfähig gemacht werden können als derjenige, welchen wir zur Fundamentirung mit Ausschöpfung angewendet haben, und die Kosten hätten sich um 1/4 oder auf etwa 19000 Frs. vermindert.

Nach dieser Basis können die Fundamentirungskosten folgendermassen berechnet werden:

Baggerung nach den wirklichen Ausgaben	3670 Frs.
Zimmerarbeit und Eisen des Kastens und alle nöthigen Gerüste zur Konstruktion und zum Versetzen	19000 „
Steinwurf rings um den Kasten	1925 „
Zement-Beton bis zum Niveau des niedrigen Meeres nach den wirklichen Ausgaben	18780 „
Ausschöpfung über dem Beton während der ganzen Konstruktion bis über dem hohen Meere beiläufig	3000 „
Verschiedene Ausgaben für Reparatur der Maschinen, verschiedene Lieferungen, Aufsicht etc.	6625 „
Summe	53000 Frs.

Da sich die Kosten zur Gründung dieses Hauptmittelpfeilers mit der Ausschöpfung auf 89000 Frs. erhoben, so sieht man, dass man bei dieser Arbeit eine beträchtliche Ersparniss hätte erreichen können; da aber der Hauptmittelpfeiler dazu bestimmt war, ein Ende einer grossen eisernen Ueberbrückung zu tragen, so musste er alle Eigenschaften der Festigkeit in sich vereinigen und folglich war es sehr wichtig, sich von der Beschaffenheit des Terrains zu überzeugen und den Felsen von allen schlammigen Theilen sorgfältig zu reinigen, welche bei der grossen Ungleichheit des Felsens nach dem Baggern bestanden hätten. Man muss sich erinnern, dass man bei diesen Terrains und namentlich bei Hennebon anfänglich das für den Felsen hielt, was in der That nur ein mit Blöcken gemengter Kies war und dass man unter diesen Blöcken Theile von viel geringerer Widerstandsfähigkeit fand, die zu gefährlich schienen, als dass man sie unter einem so wichtigen Bau hätte lassen können. Wir sind daher der Meinung, dass die gemachte Anordnung durch diese Betrachtungen gerechtfertigt ist; augenscheinlich ist es aber, dass, wenn wir hier nur ein gewöhnliches Bauwerk zu gründen gehabt hätten, wir es bloss auf versenktem Beton gethan haben würden.

Aehnliche Gründe erklären es, warum wir bei Hennebon wie bei Quimperle ungeachtet der geringen Stärke des Terrains über dem Felsen die Fundamentirung mit Ausschöpfung vorgezogen haben. Es handelte sich um hohe Brücken und bei Hennebon um Pfeiler zum Tragen grösserer Bögen als die sind, welche man gewöhnlich bei Viadukten anwendet; die geringste Senkung der Fundamente würde die bedenklichsten Folgen gehabt haben, und es war daher von der grössten Wichtigkeit, sich die Ueberzeugung zu verschaffen, dass die Fundamente wirklich auf dem Felsen stehen. Bei Hennebon war übrigens das untere mit Blöcken gemischte Terrain beinahe unmöglich zu baggern, oder man hätte es nur mit sehr kräftigen Maschinen thun können, die aber nicht zu unserer Verfügung standen. Man musste sich also damit begnügen, die Fundamente auf diese mit Blöcken gemischte Schicht zu setzen, was für einen gewöhnlichen Bau auch hinreichend gewesen wäre, oder den Entschluss zu fassen, bis zum Felsen hinabzugehen, wie wir es gethan. Die Erhöhung der Kosten, obgleich eine beträchtliche, ist dennoch nicht bedeutend genug, als dass man sie bei den gewonnenen Resultaten bedauern müsste.

Bei anderen Terrains und namentlich bei Sand oder Kies, muss diese Angelegenheit ganz anders behandelt werden, weil alsdann die Wassergewältigung sehr bedeutend und manchmal selbst unmöglich wird, während dagegen die Ausbaggerungen nicht mit solcher Gefahr verbunden sind wie beim Schlamm. Wir lassen uns aber auf diesen Gegenstand nicht ein, da unsere Abhandlung nur die Fundamentirungen in schlammigem Grunde betrifft.

VI. Fundamentirung mit komprimirter Luft.

Die Anwendung der komprimirten Luft ist gegenwärtig das mächtigste Mittel zur Fundamentirung der Werke in Wasser bei grossen Tiefen; sie erhält mit jedem Tage eine grössere Ausdehnung und wurde anfänglich mittels einfacher Röhren, dann mit den grossen Kasten von Kehl*) und endlich mit andern Kasten zur Ausführung gebracht, welche auf demselben Prinzip beruhen als die vorhergehenden, jedoch viel geringere Dimensionen haben, wie es bei dem Viadukt über den Scorff bei Lorient der Fall war.

Viadukt des Scorff. Pfeiler der eisernen Fahrbahn. — Bei dem Bericht über den gemauerten Theil dieses Viadukts wurde bereits erwähnt, dass die Pfeiler der grossen metallenen Joche mittels komprimirter Luft gegründet seien. Es wäre schwierig gewesen, hier mit einer andern Methode zum Ziele zu gelangen, denn bei dem einen Pfeiler musste man die Felsen in einer Tiefe von 21^m^0 unter dem hohen Meeresstande durch eine Schlammschicht von 14^m^0 suchen; bei dem andern Pfeiler war die Tiefe geringer, indessen musste man noch 15^m^0 unter dem hohen Meeresstande hinabgehen und die Stärke der Schlammschicht war 7^m^0 bis 8^m^0. Die Operation wurde übrigens ausserordentlich komplizirt durch den Mangel an Konsistenz des Schlammes, durch die Ungleichheit der Oberfläche des Felsens und endlich durch die Situation im vollen Flusse in einem Theile, welcher den stärksten Abwechslungen der Fluth und Ebbe ausgesetzt ist. Die Lage dieser Pfeiler ist aus Fig. 87 (Blatt 68) ersichtlich.

Wir hatten anfänglich die Absicht, blosse Röhren nach der am meisten verbreiteten Methode der Gründung mit komprimirter Luft anzuwenden. Bei Lorient indessen führten die dortigen besondern Verhältnisse auf einige Modifikationen. Das Meerwasser greift das Gusseisen und Blech so schnell an, dass man nicht darauf rechnen kann, dass der Mantel die Ausfüllung der Röhren lange schützt; anstatt folglich bloss Beton im Innern anzuwenden, wäre es nöthig, die Röhren mit Mauerwerk mit bündigen Aussenseiten auszufüllen, so dass sie nach der Zerstörung des eisernen Mantels vollkommen widerstandsfähige Säulen bildeten. Wir beabsichtigten ihnen, wegen ihrer grossen Höhe und weil bis zu dieser Grenze die Vergrösserung des Durchmessers keine ernsten Schwierigkeiten hatte, 4^m^50 Durchmesser zu geben. Anstatt endlich die Röhren bis zum Niveau der untern Fläche der grossen Träger zu verlängern, oder selbst bis zu dieser Höhe gemauerte Säulen zu errichten, welche die Fortsetzung der in den Röhren konstruirten bildeten, beabsichtigten wir diese letzteren im Niveau des niedrigen Meeres durch ein kleines Gewölbe zu verbinden und über zwei so verbundene Säulen einen vollständigen gemauerten Pfeiler zu errichten. Nach diesen Grundlagen wurde das Projekt aufgestellt und die Berechnung war folgende:

Gusseisen und Schmiedeisen 250,000 Kil.	85000 Fr.
Mauerwerk bis zum Niveau des niedrigen Meeres	46000 „
Aufstellen und Vertiefen der Röhren	60000 „
Verschiedenes	9000 „
Summa	200000 Fr.

Die verschiedenen Konstrukteurs, welche man zur Uebernahme der Arbeit eingeladen, hatten im Allgemeinen etwas höhere Preise gestellt, die Herren Ernest Gouin & Comp. aber erboten sich zur Ausführung für den Betrag des Anschlages unter der Bedingung, dass sie die Befugniss haben, die Röhren durch eine Kammer oder Kasten von Blech mit dem vollständigen Querschnitt des Pfeilers zu ersetzen; sie fanden darin eine Ersparniss gegen die für die eisernen Mäntel bestimmten Kosten und hofften so die Arbeit zu vereinfachen. Wir unserseits erreichten dadurch den Vortheil, die Grundfläche der Fundamentirung um beiläufig $^1/_4$ zu vergrössern und die zwei Säulen, welche schwierig zu verbinden sind, durch ein ununterbrochenes Mauerwerk zu ersetzen. Man nahm daher keinen Anstand den Verschlag zu genehmigen, und in der That wurde der Vertrag in diesem Sinne

*) Vergl. Allgem. Bauzeitung Jahrgang 1861. Seite 102.

abgeschlossen; die Unternehmer verpflichteten sich gegen die vereinbarte Summe die Pfeiler bis zum Niveau des niedrigen Meeres im Mauerwerk aus Cementmörtel mit äusserer Ansicht von behauenen Steinen aufzuführen und den Mantel von Blech bis zum Niveau des hohen Meeres zu errichten, so dass er für die Fortsetzung des Mauerwerks bis zu diesem Niveau einen Fangdamm bildet.

Beschreibung des angewendeten Apparates. — Derselbe besteht in der Hauptsache aus drei Theilen:

1. der Arbeitskammer an dem untern Theil, in welcher das Erdreich ausgegraben wird;

2. aus dem eigentlichen Kasten oder Fangdamme über dieser Arbeitskammer, worin das Mauerwerk in freier Luft nach Massgabe der Versenkung konstruirt wird; endlich

3. aus den Gleichgewichtskammern mit Luftschleusen ganz am obern Theil und in Verbindung stehend mit der Arbeitskammer durch senkrechte Röhren oder Essen.

Die Arbeitskammer ist dargestellt in Fig. 92, 93, 94, 97 und 98; sie ist $12^{m}10$ lang, $3^{m}50$ breit an der Basis, und $3^{m}04$ hoch; ihr horizontaler Querschnitt hat äusserlich die Form des Pfeilers selbst, innerhalb aber bildet er eine Reihe von Bögen, welche auf gusseiserne Riegeln gestützt werden, so dass dem Druck des Terrains ein grosser Widerstand entgegengesetzt wird; der äussere Mantel besteht aus drei aneinanderstossenden Zonen mit Stärken von 13, 10 und 8 Millimetern von unten auf; die untere Zone ist übrigens an der Basis sehr stark befestigt und bildet eine Schneide, wie aus dem Durchschnitt in Fig. 98 hervorgeht; starke horizontale Winkelbänder aus Blech an der Verbindung der verschiedenen Zonen vermehren die Festigkeit des Ganzen. Die innere Decke oder das Dach der Kammer, dem man eine grosse Widerstandskraft geben muss, weil es während der Arbeit das ganze Gewicht des obern Mauerwerkes zu tragen hat, ist etwas gebogen und sein Gerippe besteht aus vier grossen Querbalken von beiläufig $0^{m}70$ Höhe und vier Reihen kleiner Längenbalken von $0^{m}20$ Höhe, auf welche das $0^{m}01$ starke Blech genietet ist, das die eigentliche Decke bildet. Die Essen haben $0^{m}70$ inneren Durchmesser und erheben sich paarweise in der Achse des Pfeilers selbst und in gleichem Abstande von der Brückenachse in Rahmen, welche von den erwähnten grossen und kleinen Balken gebildet werden.

Der eigentliche Kasten oder Fangdamm erhebt sich über der Arbeitskammer und besteht aus einer Reihe von horizontalen Blechzonen, deren Stärke nacheinander 5, 4 und 3 Millimeter beträgt. Diese Zonen wurden allmählig und nach Massgabe der Versenkung angesetzt, so dass der den Fangdamm bildende Mantel immer über den Wasserspiegel des höchsten Meeresstandes hinausreicht. Der Kasten im Ganzen hatte eine sehr geringe Dossirung, so dass die Dimensionen von $12^{m}10$ und $3^{m}50$ an der Basis, im Niveau des obern Theiles der Fundamente $11^{m}80$ und $3^{m}20$ betrugen. Die Dimensionen des Pfeilers in demselben Niveau waren $11^{m}60$ und $3^{m}0$, so dass die festgesetzte Einziehung bloss $0^{m}10$ nach allen Richtungen ausmachte.

Die Arbeitskammer wog mit Einschluss der gusseisernen Riegel 27600 Kilogr.; der eigentliche Kasten oder Fangdamm im Durchschnitte 15400 Kilogr., so dass das Totalgewicht der eisernen Theile für jeden Pfeiler 43000 Kilogr. beträgt.

Die Gleichgewichtskammer (Fig. 95 und 96) bestand aus einem Zilinder von $2^{m}50$ Durchmesser und $3^{m}0$ Höhe, dessen unterer Theil durch die Essen in freier Verbindung mit der Arbeitskammer stand und dessen oberer Theil die beiden Luftschleusen enthielt, welche denen von Szegedin ganz gleich sind; Fig. 96 zeigt im Grundriss die Klappen *MM*, durch die man von aussen in die Schleusen gelangte, und in Fig. 95 bemerkt man eine der Thüren *N*, durch welche man von den Schleusen in die Gleichgewichtskammern kam; bei *a* befand sich die Oeffnung des Rohres, durch welches die Maschinen den Druck in die Gleichgewichtskammer sandten; es endigte mit einem Klappenventil, damit die Luft im Innern konnte komprimirt bleiben, in dem Falle, dass die Maschinen nachliessen. Jede Schleuse hatte vier Hähne *b*, *c*, *d* und *e*, von denen die beiden bei *b* und *c* im Innern der Schleuse gehandhabt wurden und dazu dienten, der erste, um den Druck zu liefern, der zweite, ihn zu nehmen, indem man eine Verbindung mit der äusseren Luft öffnete; der dritte Hahn *d* hatte wie der Hahn *b* die Sendung des Druckes von der Gleichgewichtskammer in die Schleuse zum Zwecke; er wurde

aber von aussen bedient; der vierte Hahn *e* endlich setzte wie der bei e die Schleusen in Verbindung mit der äussern Luft, wurde aber in dem Innern der Gleichgewichtskammern bewegt.

Wollte sich also ein Mann zur Arbeit begeben, so ging er durch die Klappe *M* in die Schleuse, dessen Inneres damals bloss unter dem atmosphärischen Drucke war. Sobald die Klappe gegen ihre Oeffnung zurückgedrängt wurde, öffnete man den Hahn *d* oder man liess den Arbeiter selbst den Hahn *b* öffnen; der im Innern der Schleuse sich schnell vermehrende Druck schloss die Klappe *M* hermetisch, und wenn nun dieser Druck dem der Gleichgewichtskammer gleich geworden, öffneten sich die Thüren *N* von selbst und der Arbeiter begab sich in diese Kammer, von wo er durch die Essen in die Arbeitskammer hinabstieg. Dieselbe Operation in umgekehrter Richtung wurde beim Rückwege mittels der Hähne *c* oder *e* bewirkt. Bei den Erdkörben, wenn es sich darum handelte, einen solchen von aussen nach innen zu schaffen, so arbeitete man mit dem Hahne *d*; öffneten sich dann die Thüren der Gleichgewichtskammer, so ergriffen die in dieser Kammer befindlichen Arbeiter diesen Korb und zogen ihn an sich, um ihn dann durch eine der Essen in die Arbeitskammer mittels eines Haspels hinabzulassen; sollte dagegen ein Korb von der Arbeitskammer nach aussen zurückgehen, so schlossen die in der Gleichgewichtskammer befindlichen Arbeiter, nachdem sie den Korb mittels des Haspels aufgezogen und in die Schleuse zurückgebracht, die mit ihrer Kammer im Gleichgewicht des Druckes war, die Thüren *N* und öffneten den Hahn *e*; der Druck nahm schnell ab, und wenn er so weit gefallen war, um die Oeffnung der Klappe *M* zu gestatten, so zogen die ausserhalb stehenden Arbeiter den Korb an sich und schütteten ihn aus.

In Fig. 89 sieht man den Kasten des rechten Uferpfeilers während der Operation des Versenkens; man bemerkt unten die Arbeitskammer, deren Schneide schon 9m0 in den Schlamm eingedrungen ist, darüber den eigentlichen Kasten auf eine Höhe von beiläufig 11m0 mit Mauerwerk angefüllt, dessen blecherner Mantel bis über den höchsten Meeresstand einen Fangdamm bildet; an dem obern Theil endlich sieht man die Gleichgewichtskammern, wovon jede mit der Arbeitskammer durch zwei Essen verbunden ist. Man kann sich nun leicht von dem Arbeitsgange überzeugen, welcher darin besteht, dass man in die Arbeitskammer hinlänglich komprimirte Luft einlässt, um das Wasser unter der Schneide zu halten, das Erdreich am Boden dieser Kammer auszugraben und dasselbe durch die Essen zu Tage zu fördern, in freier Luft das Mauerwerk im Innern des Fangdammes nach und nach aufzuführen, so dass seine Last den ganzen Kasten mit der möglichsten Regelmässigkeit hinunterdrückt, endlich den Mantel allmählig durch neue Blechzonen aufzuhöhen und ihn auf diese Weise immer über dem Wasser zu erhalten. Wenn die Schneide auf dem Felsen angekommen war, so blieb nichts weiteres übrig, als die Arbeitskammer sehr genau mit Beton oder Mauerwerk auszufüllen, die Essen wegzunehmen, die von ihnen eingenommenen Räume mit Beton auszufüllen und alle Apparate zu beseitigen; die Fundamentirung eines Pfeilers war auf diese Art beendigt.

Man sieht, dass dieses Verfahren wesentlich von der Fundamentirung mit Röhren abweicht, und zwar nicht bloss wegen der Herstellung eines einzigen Mauerkörpers für einen Pfeiler, sondern auch desshalb, dass die Ausfüllung, anstatt nach der, wie bei den Röhren, vollendeten Senkung, zum grössten Theil, während dieser Senkung selbst bewirkt wird und selbst dazu dient diese zu vollziehen; gleichzeitig bemerkt man, dass wenn das hier beschriebene Verfahren in letzterer Beziehung eine neue Anwendung des bei Kehl befolgten Prinzips darbietet, es einige Differenzen in den angenommenen Anordnungen zeigt; dass man demnach, besonders da es sich für viel beschränktere Fundamentflächen eignet, keine Hebezeuge nöthig hat, die ausgegrabene Erde in freie Luft aufzufördern, was die Apparate komplizirter macht, ohne für eine nicht bedeutende Ausgrabung und bei einem Terrain, wie wir es zu durchschneiden hatten, beträchtliche Vortheile darzubringen.

Ausführung der Arbeit. — Um nun dieses Verfahren bei Lorient in Anwendung zu bringen, begann man mit dem Einrammen der Pfähle für die Gerüste nach der in Fig. 90 dargestellten Anordnung, welche zwei grosse langgestreckte Rahmen bildet, zwischen denen der Kasten aufgestellt werden sollte. Dieser wurde am Ufer abgebunden und zwar auf demselben Bauplatz, auf welchem wir früher den hölzernen

Kasten des Hauptmittelpfeilers konstruirt hatten. Man hatte die Verbindung der Arbeitskammer vollständig vollendet und darüber bloss einige Zonen des Fangdammes aufgestellt, wobei man die Höhe der Zonen so berechnete, dass der Kasten, wegen des luftleeren Raumes über dem Dache der Kammer, schwimmen konnte. Man liess den Kasten von Stapel, schaffte ihn bei hohem Meeresstande an Ort und Stelle und versenkte ihn, nachdem seine Stelle gehörig bestimmt war, bei niedrigem Wasser. Dann führte man sofort eine gewisse Höhe des Mauerwerkes auf, um den Apparat zu beschweren und seine Verschiebung zu verhindern; demnächst vervollständigte man die Gerüste nach der in Fig. 87, 90 und 91 angegebenen Art. Man sieht, dass diese Gerüste um den Kasten herum einen Fussboden bildeten, worauf ein Krahn *A* zum Aufziehen der grossen Bestandtheile, ein Haspel *B* zum Aufwinden der gewöhnlichen Materialien, zwei Maschinen *CC* zum Komprimiren der Luft und endlich ein Schuppen *D* zu stehen kamen, in welchem man den Mörtel fabrizirte; der übrige Theil des Gerüstes diente zum Aufstellen der erforderlichen Baumaterialien.

Man begann die Arbeit mit dem rechten Uferpfeiler, also demjenigen, wo die Tiefe am bedeutendsten war. Die Oberfläche des Terrains lag an diesem Punkte 4^{m}0 unter dem mittlern Stande des Meeres, durch sein eigenes Gewicht aber und durch das der ersten Mauerwerksschichten hatte sich der Kasten beiläufig 0^{m}80 in dieses Terrain eingeschnitten, so dass erst in dieser Tiefe die Arbeit mit der komprimirten Luft begonnen wurde. Diese Versenkungsarbeiten, welche anfänglich sehr schnell auszuführen zu sein schienen, haben im Gegentheile eine sehr lange Zeit erfordert, weil zur Vermeidung von Schiefstellen des Kastens nur mit vieler Vorsicht vertieft werden konnte. Dieses Schiefstellen oder Ueberhängen war bei der langen und schmalen Form des Kastens, der geringen Dichtigkeit des Terrains, in dem man arbeitete und endlich wegen des Einflusses von Fluth und Ebbe sehr zu fürchten. Um diese letzte Wirkung zu würdigen, muss man in Erwägung ziehen, dass man, um jeder Zeit das Versenken in seiner Gewalt zu haben, den Kasten beständig im Gleichgewicht halten muss, unter der Wirkung des inneren Druckes, der durch die Kompression der Luft entsteht, eine Wirkung, welche ihn zu heben strebt, während sein eigenes Gewicht ihn niederdrückt. Wenn nun dieses Gleichgewicht im Moment des niedrigen Meeres z. B. besteht, so wird es offenbar bei hohem Meere nicht bestehen, weil der auf einer grössern Höhe eingetauchte Kasten viel von seinem Gewichte verloren haben wird, und es könnte dann der Kasten bei seinem Streben zum Aufsteigen in einem Terrain, das nach der Seite wenig Widerstand leistet, leicht aus seiner Lage kommen. Wenn dagegen das Gleichgewicht zwischen den beiden auf den Kasten wirkenden Kräften bei hohem Meere besteht, so wird das bei fallendem Wasser schwerer werdende Gewicht die Oberhand erhalten und ein plötzliches Sinken veranlassen, wobei der Kasten eine schiefe Stellung erhalten kann. Macht man den innern Druck veränderlich, so kann man diese der Regelmässigkeit des Versenkens schädlichen Wirkungen vermindern, man kann sie aber nicht vernichten, weil der Druck von der Tiefe abhängt, in der man arbeitet. Wenn man ihn z. B. bei hohem Meere vermindern wollte, wie es wünschenswerth wäre, so würde das Wasser in der untern Kammer aufsteigen, und die Arbeit würde unterbrochen werden. Die Niveauveränderungen der Fluth und Ebbe sind also eine Ursache zu sehr ernsten Schwierigkeiten und können zu den grössten Unfällen führen.

Bei dem rechten Flusspfeiler aber hatte das aus schlammigem Sande bestehende Terrain eine gewisse Konsistenz und es fand während der Versenkung keine erhebliche Verschiebung statt; indessen als sich der Kasten der Sohle näherte, hing er gegen das Ufer in der Richtung seiner Breite etwas über. Glücklicherweise hatte diese Abweichung nur die Wirkung, dass an dieser Seite der vorher bestimmte Absatz im Niveau des niedrigen Meeres verloren ging, während das obere Mauerwerk noch lothrecht über dem Fundament steht. Nichtsdestoweniger beweist dieser Umstand, dass es angerathen ist, stärkere Absätze zu projektiren, obgleich damit ein grösserer Kostenaufwand verbunden ist.

Ein anderer Uebelstand zeigte sich bei dem Versenken. Der den Fangdamm für die Konstruktion des Mauerwerks bildende Mantel war sehr dünn und bog sich desshalb unregelmässig, so dass das Mauerwerk an gewissen Stellen nicht genau die Dimensio-

nen hatte, die es haben sollte, und die Folge davon war, dass man stromabwärts des Pfeilers an einem Theile des Vorkopfes nicht mehr den nöthigen Raum zum Versetzen der Sockelsteine hatte. Man musste den Mantel abschneiden und konnte an diesem Theil des Mauerwerks nur bei niedrigem Meeresstand arbeiten.

Wenn man bis zu dem Felsen kommt, so ist es von Wichtigkeit, ihn so viel als möglich abzugleichen oder wenigstens keine nach aussen gehende Rutschflächen zu lassen. Bei dem rechten Uferpfeiler war der Felsen nicht sehr unregelmässig, und indem man ihn auf einigen Stellen etwas abglich, erhielt man die Fig. 99, 100, 101, 102 angegebene Form des Profils. Man sieht, dass die untere Kante, die Schneide, an den Enden der Länge und an einer Seite der Querprofile sich etwas eingeschnitten hatte, während sie auf der andern Seite dieser Profile und in der Mitte der Länge etwas über dem Felsen blieb.

Um den Felsen vor der Ausfüllung gehörig zu reinigen, machte man rings um die Schneide eine Umwallung von Thon und schöpfte das in den Vertiefungen zurückgebliebene Wasser aus; auf dem so zubereiteten Felsen wurde dann die Ausfüllung der Arbeitskammer vorgenommen, welche aus Cementbeton auf beiläufig 2m30 Höhe bestand. Den übrigen Theil beabsichtigte man ebenfalls mit Beton auszufüllen; wenn man denselben aber auch mit Kraft feststiess, so hätte man doch keinen guten Zusammenhang erhalten, weil sich der Beton immer etwas zusammenpresst. Wir waren daher veranlasst, dass die Ausfüllung von Mauerwerk mit tüchtigem Anschluss an das Dach der Arbeitskammer gemacht wurde. Man verfuhr bei dieser Arbeit in der Art, dass man rings herum einen ersten Ring legte, dann einen zweiten, bis man nach und nach zu den Essen gelangte. Es blieb also nur ein cylindrischer und senkrechter Theil übrig, den man leicht mit Beton ausfüllen konnte. Es ist sehr wichtig, diese Ausfüllung gehörig zu überwachen, denn der Mangel an Verbindung des Mauerwerks der Arbeitskammer und desjenigen des übrigen Kastens ist einer der grössten Uebelstände des Systems und es würde sehr unangenehm sein, wenn das obere Mauerwerk wirklich nur von dem Dach der Arbeitskammer getragen oder aber, wenn sich das letztere so weit biegen würde, dass der leere Raum ausgefüllt wäre, oder endlich wenn die ganze sich auf die Schneide übertragende Last das Eindringen derselben in das Terrain bewirkte, wenn es keine absolute Widerstandsfähigkeit besässe; schliesslich wäre noch, wenn diese letzte Bedingung auch vorhanden wäre, ein Abweichen in dem Falle zu befürchten, dass die Schneide nicht überall gleich aufstände. Die Fundamentirung wurde endlich vollendet, indem man die Essen wegnahm und die Räume, welche sie eingenommen, mit Beton ausfüllte. Gleichwohl war man gezwungen, die untere Zone der Essen an Ort und Stelle zu lassen, da ihre Wegnahme die Vollendung der Arbeit zu sehr verzögert haben würde, und es ist immerhin besser von Anfang an auf diese Wegnahme Verzicht zu leisten.

Bei dem linken Uferpfeiler waren die aufeinanderfolgenden Arbeiten dieselben; obgleich aber die Tiefe geringer und die Mächtigkeit des zu durchschneidenden Terrains weniger beträchtlich war, erlebte man doch grosse Schwierigkeiten. Das aus stärkerm Schlamm als am andern Pfeiler bestehende Erdreich hatte viel geringere Konsistenz, so dass einige Zeit nach dem Beginne des Versenkens, als sich der Druck plötzlich in Folge einer an der Maschine vorgekommenen Beschädigung verminderte, der Kasten plötzlich einsank und dabei eine starke Neigung stromabwärts nahm; bei dieser Bewegung zerriss das Blech des Fangdammes, welches zu stark gegen das Mauerwerk des Hinterkopfes gepresst wurde, etwas über dem niedrigen Meere. Die Lage wurde dadurch äusserst kritisch; wenn sich das Sinken des Kastens fortgesetzt hätte und wenn die Oberfläche des Mauerwerks bis unter dem niedrigsten Meere verschwunden wäre, so hätte man das Mauerwerk nicht eher fortsetzen können ohne neue Apparate einzuführen, welche sehr viel Geld und Zeit gekostet haben würden. Hätte man sich auf der andern Seite beeilt dieses Mauerwerk fortzusetzen, so lange man es noch konnte, so hätte man die Belastung an diesem Punkte vermehrt, wodurch das Ueberhängen noch befördert worden wäre. Wir müssen noch bemerken, dass sich bei dem plötzlichen Senken der Arbeit die Arbeitskammer bis zum Dache mit Schlamm angefüllt hatte, doch befand sich gerade in diesem Moment Niemand in derselben. Als man die Arbeit wieder begann, grub man zuerst von der stromaufwärtigen Seite ab, um den Kasten wieder gerade zu richten; dann stellte man

an diesem Theile, um das eben so leichte Versenken stromabwärts zu verhindern, eine Auszimmerung oder eine Bedeckung aus Bohlen her, die gegen das Dach gehörig gestützt wurden, so dass der Kasten, anstatt nach der Wegnahme des untern Erdreichs mit der Schneide auf dem Terrain zu stehen, auf einer sehr grossen horizontalen Fläche ruhte. Bei der Bewegung wurde daher stromabwärts aufgehalten, was man benutzte, um den Fangdamm zu repariren und das Mauerwerk höher zu führen; gleichzeitig gelang es durch gut ausgeführte Abgrabungen stromaufwärts diesen Theil zu versenken, so dass der Kasten wieder gerade gerichtet wurde. Die Versenkung wurde dann bis zum Felsen fortgesetzt, nicht ohne Schwierigkeiten und Befürchtungen, jedoch ohne irgend neue ernstliche Unfälle.

Als man zum Felsen gelangt war, fand man ihn, wie es übrigens auch die Bohrungen ergeben hatten, in einer viel ungünstigeren Lage als bei dem rechten Uferpfeiler, denn es zeigte sich eine Niveauverschiedenheit von 1m50 nach der Länge des Pfeilers (Fig. 103) und Differenzen von 1m15 bis 1m30 nach der Quere (Fig. 104 bis 106). Um die Schneide bis zum tiefsten Punkt zu führen, hätte es viel Zeit erfordert, denn der Felsen war ein sehr harter Schiefer, und die Anwendung des Pulvers in der Arbeitskammer war unmöglich. Man begnügte sich daher den Felsen an seinem Umfange abzugleichen, so dass er auf beiläufig $\frac{4}{5}$ der Ausdehnung der Schneide eine horizontale Fläche bildete, worauf man diese Schneide setzen konnte, und für den abwärtigen Theil, welcher noch eine Fläche bis 0m90 unter dieser letztern Lage der Schneide machte, ordnete man senkrechte Spundwände an und bildete auf diese Weise eine Art von Fangdamm, unter dessen Schutz man ausschöpfen konnte; der äussere Schlamm war sehr wasserdicht. Dann arbeitete man den Felsen, wie die Profile zeigen, absatzweise ab, um die Rutschflächen zu vermeiden; als diess geschehen reinigte man die Oberfläche vollkommen und endlich ging man zur Betonnage über, welche mit aller bei dem andern Pfeiler bereits beschriebenen Sorgfalt bewirkt wurde.

Verwendete Zeit. — Die zur Fundamentirung dieser beiden Pfeiler verwendete Zeit war sehr bedeutend, denn man verlor viel Zeit bei der Einrichtung schwierig zu handhabender Apparate, und man war auf die Verwendung von Maschinen beschränkt, welche häufige Reparaturen erforderten, und endlich war man Unfällen ausgesetzt, welche Verzögerungen veranlassten. In der That brachte man an dem rechten Uferpfeiler bei drei Monate bei den Einrichtungen und dem Aufstellen des Kastens zu; drei andere Monate (vom 8. Februar bis 9. Mai 1862) brauchte man zur Versenkung und zum Abgleichen des Felsens, 15 Tage zur Ausfüllung der Arbeitskammer und zur Vollendung der Fundamentirungsarbeiten; im Ganzen $6\frac{1}{2}$ Monate. Bei dem rechten Uferpfeiler, welcher gegen das Ende hin sehr thätig betrieben wurde, weil man mit der Eröffnung der Bahnlinie sehr pressirt war, verwendete man noch andere drei Monate (1. April bis 7. Juli) zur Versenkung und zur Abgleichung des Felsens; für die Ausfüllung und Vollendung der Fundamentirungsarbeiten hatte man 11 Tage, und erst am 18. Juli konnte man das Mauerwerk des Pfeilers beginnen, das am 5. August vollendet war, worauf man am andern Tage das Legen der Brückenbahn beginnen konnte.

Kosten. — Die Arbeiten wurden für die Summe von 200000 Francs ausgeführt; es entfällt daher auf jeden Pfeiler eine Summe von 105000 Frs. für eine mittlere Tiefe von 18m05 unter dem höchsten Meeresstande. Da der Querschnitt jedes Fundamentes 36□m0 am oberen Theil ist, so fallen auf den Quadratmeter beiläufig 2900 Francs; der Preis pro Kubikmeter ist 162 Francs.

Vertheilt man die obige Summe von 210000 Fr auf die verschiedenen Bautheile, so hat man verausgabt für 86000 Kilogr. Blech 0Fr60 . . 51600 Fr.

für 86000 Kilogr. Blech 0Fr60 . .	51600 Fr.
für Mauerwerk, nach der detaillirten Berechnung	51800 „
für Aufstellen und Versenken der Kasten	90000 „
für Verschiedenes	16600 „
Summa	210000 Fr.

Da nun die Versenkung in das Terrain in der Wirklichkeit nur 20m0 für alle beiden Pfeiler beträgt, so sieht man, dass der laufende Meter auf 4500 Fr. kommen musste.

Chausséewalze mit Umlenkvorrichtung.

Mittheilung des Chaussée-Inspektors **G. Lehmann.**

(Mit Zeichnungen nach Seite 482.)

Im Königreiche Sachsen hat sich für die Unterhaltung der chaussirten Fahrbahnen im letzten Jahrzehend immer ausgedehnter und mit Erfolg das Verfahren eingebürgert, die Fahrbahnabnutzung periodisch durch stärkere Aufschüttungen von Klarschlagsteinen, unter Aufbringung eines Bindematerials hierzu, Anwendung des Abwalzens und stärkerer Befeuchtung hierbei, zum Ersatz zu bringen, in den Zwischenzeiten aber kleinere Ausbesserungen so wenig wie möglich, und hauptsächlich nur insoweit um die allmählige Abnutzung der Fahrbahnoberfläche in gleichmässiger Weise zu erreichen, auszuführen. Ein derartig aufgebrachter Massen-Schutt liegt bis zur vollständigen Abnutzung, je nach der Frequenz und Schuttstärke, etwa 3—12 Jahre. Die Ausführung desselben geschieht zu allen Jahreszeiten, wenn nicht Frost zu erwarten ist, namentlich auch im Sommer, so dass mit einer Walze im Laufe eines Jahres schon ausgedehnte Schuttstrecken sich abwalzen lassen.

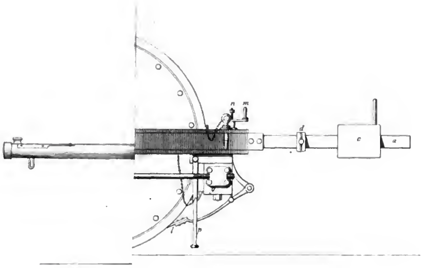
Hierbei liegt allerdings ein wesentlicher Uebelstand darin, dass das Herbeifahren ausreichenden Wassers zur Anfeuchtung im Allgemeinen schwierig und kostspielig ist. Durch Verkürzung der in einem Zuge abzuwalzenden und dabei zu begiessenden Trakte lässt sich der Wasserbedarf vermindern, da hier die Verdunstung eine geringere als bei längeren Trakten ist; dagegen entsteht hierbei wiederum der Uebelstand, dass der mit dem Wechsel der Richtung verbundene Aufenthalt der Walze, der bei den gewöhnlichen Walzen, welche 2 Deichseln besitzen, durch das Abspannen aller Zugthiere von der einen Deichsel und Anspannen derselben an die andere herbeigeführt wird, häufiger eintritt und dadurch eine längere Dauer der Walzarbeit veranlasst. Bei den hohen Preisen der Zugkräfte ist es deshalb wichtig, diesen Aufenthalt soweit als möglich vermindern zu können.

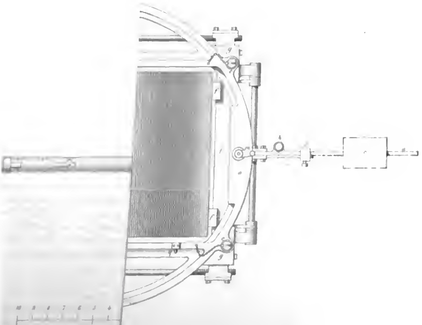
Zu diesem Zwecke hat der Verfasser dieses in Gemeinschaft mit dem Maschinenfabrikanten V. Ketzer zu Chemnitz eine besondere Einrichtung der Walze getroffen, welche denselben für Sachsen, Preussen und Oesterreich patentirt ist und in Sachsen sich bereits so bewährt hat, dass binnen kurzer Frist nach und nach 8 solche Walzen für die Staatsstrassen-Bauverwaltung und eine solche für eine Stadtgemeinde (Zwickau) zur Beschaffung und Anwendung bis jetzt gelangt sind. Diese Konstruktion, die durch genannten Herrn Ketzer ausgeführt wird, besteht in dem folgenden.

Die Walze (s. d. Zeichnung), welche von Gusseisen hergestellt und zur Wasserfüllung eingerichtet ist, wird, statt von einem gewöhnlichen Gestelle, von einem gusseisernen Ringe *A* umgeben, an dessen Verbindungsrippen die Achslager für die Walze angebracht sind. An diesem Ringe ist äusserlich eine Spur eingedreht, in welcher ein schmiedeiserner Ring *B* lose liegt und um den erstern gedreht werden kann. Dieser schmiedeiserne Ring besteht aus 2 halbkreisförmigen Theilen, an deren Vereinigungspunkte auf der einen Seite die Deichsel daran befestigt und auf der entgegengesetzten Seite ein Ausläufer *a* in Verbindung mit einem Charniere *b* angebracht ist. Auf dem Ausläufer ist ein Gewicht *c* verstellbar aufgesteckt, welches der Deichsel das Gegengewicht hält. Das Charnier hat den Zweck, ein Umlegen des Ausläufers mit dem Gegengewicht bis an den Ring, nach dem Vorschieben eines Muffes *d*, zu ermöglichen.

Am beweglichen und festen Ringe befinden sich miteinander korrespondirend Warzen *e* mit Oeffnungen, in welche Vorstecker einzulegen sind, durch welche während des Ganges der Walze beide Ringe miteinander fest verbunden werden, damit bei Veränderung der Zugrichtung nach der Seite auch eine entsprechende Wendung der Walze mit herbeigeführt wird.

Die Bremsung geschieht durch Anpressen von Holzbacken mit Holzeinsätzen *f*, welche mit einer Gummizwischenlage in gusseisernen Schuhen *g* liegen. Letztere werden mittels Drehung eines der Schlüssel





Bauzeitung 1866

h durch die mit entgegengesetzten Gewinden versehenen beiden Schraubenstangen *i* an- und abgedrückt.

Um beim Bremsen während des Ganges der Walze das dadurch entstehende Niederdrücken der Deichsel nicht schädlich auf die Zugthiere wirken zu lassen und dem Walzengestelle überhaupt einen Stützpunkt zu bieten, ist an der Deichsel eine Laufrolle *k* angebracht, deren Fassung um eine vertikale Achse drehbar ist, damit die Rolle bei der Umdrehung der Deichsel nicht ein Hemmniss darbietet.

Weiter sind 2 Abstreicheisen *l* am Gestell angebracht, welche mittels Umdrehung der Kurbeln *m* zum Zwecke des Auf- und Abwärtsschiebens der Schrauben *n*, welche ihre Bewegung auf die Stricheisen übertragen, unter beliebigem Druck angestellt, sowie abgestellt werden können.

Damit beim Umwenden der Deichsel um die Walze in dem Stadium, wo die Drehung nahezu 90° ist, eine Wendung des Gestelles um die Walzenachse unter Senkung der schwerern und Hebung der leichtern Seite vermieden werde, sind durch Verstärkung des gusseisernen Ringes bei *o* die beiden Hälften des Gestelles miteinander ins Gleichgewicht gesetzt worden und es ist durch thunlichste Tieflegung namentlich der zur Bremse gehörigen Theile darauf Rücksicht genommen, dass bei einer momentanen Störung dieses Gleichgewichts das Gestell von selbst die Gleichgewichtslage wieder einzunehmen sucht.

Da beim Herumführen der Deichsel an unebenen Umlenkstellen diese zuweilen einen Druck auf das Gestell ausübt, welcher eine momentane Neigung der Ring-Ebene herbeizuführen und dadurch die Umdrehung der Deichsel zu erschweren vermag, so sind zur Anwendung für diesen Fall zwei Stützen *p* am Gestelle und zwar um einen horizontalen Bolzen locker drehbar angebracht, welche durch Anziehen und entsprechendes Einhaken der daran befestigten Kettchen an die Haken *q* in horizontale Lage gebracht werden können und in dieser sich gewöhnlich befinden, bei dem Vorhandensein ungünstiger Umlenkstellen aber in die vertikale Lage, welche sie in der Zeichnung einnehmen, durch Aushaken des Kettchens versetzt werden und alsdann den erwähnten Uebelstand beim Umlenken verhindern.

In die Kreisabschnitte zwischen der Walze und dem Ringe ist in der Regel ein Bretterboden eingelegt.

Um nun mit dieser Walze die entgegengesetzte Richtung einzuschlagen, braucht man nur nach dem Anhalten die 2 eingelegten Vorstecker herauszunehmen, ferner die Pferde, ohne dieselben abzuhängen, mit der Deichsel an der Walze vorüber, beziehentlich herumzuführen, die Vorstecker bei Vollendung der Deichseldrehung wieder einzustecken und sodann die Pferde wieder anziehen zu lassen.

In dieser Weise ist die vorliegende Walzenkonstruktion namentlich auf den sächsischen Staatsstrassen, welche vielfach nur 12 Ellen sächs. = 6,8 Meter Kronenbreite besitzen, auch zum Theil noch schmaler sind und oft grosse Steigungen zeigen, zur Anwendung gekommen. Auf den weniger als 12 Ellen sächs. breiten Strassen wurde hierbei ein Abhängen der vorderen Pferdepaare zum Umlenken erforderlich. Da aber der Hauptaufenthalt durch ein Umspannen der Deichselpferde verursacht wird, was auch hier erspart blieb, so war der Zeitgewinn auch in diesen Fällen immerhin noch ein sehr wesentlicher.

Das Umspannen an den gewöhnlichen Walzen erfordert bei 3—5 Paar Pferden, wie sie hier zum Zuge nöthig sind und unter Mitberücksichtigung auch der ungünstigen Witterungsverhältnisse im Frühjahre und Herbste, wo Kälte und Nässe das Umspannen verzögern, im gewöhnlichen Laufe der Arbeit durchschnittlich mindestens 4 Minuten Aufenthalt. Bei der vorliegenden Walze ist hierzu nur ein Aufenthalt von $^3/_4$ Minuten nothwendig, der sich jedoch beim gewöhnlichen Betriebe der Arbeit bis auf $1^1/_4$ Minute ausdehnt. Der Zeitgewinn ist darnach für jeden Richtungswechsel $2^3/_4$ Minuten.

Walztouren von mittlerer Länge, etwa von 600 Ellen sächs., werden beim Walzen in 11 Minuten zurückgelegt. Die zu einer einfachen Tour erforderliche Zeit, einschliesslich des Aufenthaltes beim Richtungswechsel, ist hiernach bei einer Walze mit 2 Deichseln zu 15, bei der vorliegenden Konstruktion aber zu nur $12^1/_4$ Minute anzunehmen.

In dem umgekehrten Verhältniss von $12^1/_4 : 15$ stehen desshalb die entsprechenden gegenseitigen Leistungen in gleichen Zeiträumen, woraus ein Gewinn von 22,4 p. C., gegenüber dem sonstigen Gesammtaufwande für das Walzen, Wasserfahren und die Be-

arbeitung des Schuttes hierbei, der nach sächsischen Verhältnissen zu 18—20 Thlr. pro Tag angenommen werden kann, durch Anwendung der vorliegenden Konstruktion sich berechnet.

Von Nebenvortheilen derselben hebe ich nur den hervor, dass die Anfstellung über Nacht am Rande der Strassen hierbei in der Regel weit zweckmässiger sich bewerkstelligen lässt als bei den Walzen mit 2 Deichseln, indem man nach Umlegung des Ausläufers mit dem Gegenwicht bis an den Ring, die Deichsel durch Drehnng derselben um 90°, von der Strasse vollständig abzukehren in der Lage ist.

Ueber die Imprägnirung der Hölzer und deren Einführung in Oesterreich.

Es ist auffallend, dass die Imprägnirung des Holzes zur längern Erhaltung desselben in Oesterreich noch fast gar nicht eingeführt ist, während dieselbe anderwärts, namentlich in England, Deutschland, Frankreich und Belgien die ausgedehnteste Verbreitung gefunden hat.

Diese Erscheinung ist aber dadurch erklärlich, dass dio Versuche, welche man in Oesterreich mit der Imprägnirung machte, durchaus nicht von dem gewünschten Erfolge begleitet waren.

Man wendete mehrfach das Boucherie'sche Verfahren mit Kupfervitriol zur Konservirung der Schwellen und Telegraphenstangen in grösserem Massstabe an, fand sich aber in den Erwartungen von dieser Methodo getäuscht und stellte nach und nach das Imprägniren wieder ein.

Natürlich, dass man jetzt, nachdem bedeutende Ausgaben ohne Nutzen aufgewendet worden, vorsichtig zu Werke geht und nicht gerne aufs Neue für zweifelhafte Resultate Opfer bringen mag.

Die Erfahrungen jedoch, welche man inzwischen im Auslande machte, mit denen in Oesterreich zusammengestellt, haben das Verständniss der Holz-Imprägnirung wesentlich erleichtert und möglich gemacht, über dieselbe ein bestimmtes und endgiltiges Urtheil zu fällen.

Zum Schutze des Holzes gegen Fäulniss sind bereits sehr zahlreiche Mittel in Anwendung gekommen. Wie bekannt, haben sich jedoch viele derselben, zu denen man die grösste Znversicht hegte, als wenig vortheilhaft erwiesen, woraus sich die Erscheinung erklärt, dass selbst von kompetenter Seite zuweilen die Wahrscheinlichkeit, das Holz durch chemische und mechanische Hülfsmittel mit Erfolg gegen Fäulniss, Zerreissen und andere Zerstörungen zu schützen, überhaupt in Zweifel gezogen wird. Andererseits sind aber ernsthafte Bestrebungen mit allem zu erwartenden Erfolge gekrönt worden, welche den Beweis liefern, dass man nur nach rationellen Grundsätzen und mit Berücksichtigung der Naturgesetze zu verfahren braucht, um durchaus befriedigende nnd ganz zuverlässige Resultate zu erzielen.

Wenn man zusieht, wie viele Fehler auf dem Gebiete der Holz-Imprägnirung begangen worden sind und wie wenig Rücksicht oftmals auf die nothwendigsten Vorbedingungen genommen worden ist, so findet man allerdings die Erklärung dafür, dass die Holz-Imprägnirung hin und wieder ungläubige Aufnahme findet. Für diejenigen, welche sich konsequent und längere Zeit mit der Lösung dieser technischen Frage beschäftigt haben, ist dies aber keineswegs abschreckend, sondern haben dieselben Gelegenheit gehabt, die vollkommenste Ueberzeugung von der Gewissheit guter Erfolge zu gewinnen.

Es gibt für die Holz-Imprägnirung ebenso bestimmte Gesetze wie für alle anderen chemischen Verfahren, und wenn man sich darnach richtet und dieselben gewissenhaft und mit Sachkenntniss beobachtet, erreicht man auch das Ziel der wirksamen Konservirung des Holzes vollkommen. Ohne darauf zurück zn gehen, wio viele Mittel zur Holzkonservirung und wie dieselben angewendet worden sind und ohne speziell zu prüfen, welche davon sich bewährt haben, darf man sich dahin aussprechen, dass von der Imprägnirung des Holzes mit Chlorzink oder Steinkohlentheeröl, je nach den örtlichen Verhältnissen, die vortheilhaftesten nnd besten Resultate zu erwarten sind.

Die Engländer haben zuerst das Richtige gefunden, die Deutschen, Franzosen und Belgier sind ihnen gefolgt.

In England nämlich ist die Imprägnirung der Hölzer mit kreosothaltigen Theerölen und Zinkchlorid schon seit 28 Jahren in Anwendung, und befindet man sich dort so wohl dabei, dass seit langer Zeit keine Eisenbahnschwellen und Hölzer zu ähnlichen Verwendungen mehr unimprägnirt in Gebrauch genommen werden. Auch für die mannigfachsten andern Zwecke bedient man sich des imprägnirten Holzes mit grossem Nutzen.

In Frankreich und Belgien erhielt sich längere Zeit die besondere Vorliebe für die Erfindung Boucherie's, auch in Deutschland fand dieselbe Eingang und weite Verbreitung, nach und nach aber wendeten sich die Franzosen grösstentheils der englischen Methode zu, welche schon vor 18 Jahren in Deutschland Wurzel fasste und heute ausser der farnzösischen auch alle andern Methoden fast ganz und gar verdrängt hat.

Was sich hin und wieder von andern Imprägnirungsweisen noch erhalten oder neuerdings noch herausgebildet hat, wird nach den glänzenden Ergebnissen, welche durch die Verfahren mit Zinkchlorid und Theerölen erzielt wurden, bald dem Bessern weichen müssen.

Die Berichte des Vereins deutscher Eisenbahnen, die selbstredend authentische sind, weisen nach, dass die Dauer einer mit Zinkchlorid imprägnirten kiefernen Schwelle 12—14 Jahre beträgt, während eine rohe kieferne Schwelle nur 4—6 Jahre erfahrungsmässig erreicht; ferner dass die mit Theeröl imprägnirten Schwellen seit ihrer 17jährigen Anwendung in Deutschland noch keine Auswechslung nöthig machten.

Die Imprägnirung mit Zinkchlorid oder kreosothaltigen Theerölen hat sich somit am besten bewährt und ist als vollkommen zweckentsprechend anerkannt worden.

Die Frage, zu Gunsten welchen Verfahrens man sich entscheiden soll, ist hiernach als gelöst anzusehen; die Wahl zwischen den zwei konservirenden Mitteln Zinkchlorid und Theeröl hat der Sachverständige zu treffen nach der Art des Holzes und seiner Verwendung.

Der Zweck aller Holz-Imprägnirungsmethoden ist derselbe und lässt sich in wenig Worten wiedergeben:

Die Konservirung des Holzes muss darauf gerichtet sein, die in demselben neben der Holzfaser enthaltenen, leicht in Gährung, Verwesung und Fäulniss übergehenden Pflanzensäfte theils zu entfernen, theils durch chemische Umwandlung unschädlich zu machen, damit nicht durch die Fäulniss dieser Körper die der Zersetzung weniger unterworfene Holzfaser angesteckt und zerstört werde. Um diese Zwecke zu erreichen, kommt es nicht allein auf die Wahl der konservirenden Stoffe und eines guten mechanischen Imprägnirungs-Apparates an, sondern man muss es auch verstehen, die verschiedenen mechanischen Hülfsmittel je nach der Beschaffenheit des Holzes so zu verwenden, dass die zur Konservirung des Holzes erforderlichen Aufgaben auch wirklich gelöst werden. Selbstverständlich kann die Wirkung der chemischen Mittel nur dort direkt zur Geltung kommen, wo durch die mechanischen Hülfsmittel eine Durchdringung des Holzes mit konservirender Flüssigkeit erreicht worden ist. Diese Durchdringung muss daher in allen den Theilen des Holzes ermöglicht werden, welche überhaupt äussern Kräften und Einflüssen zugängig sind.

Die in das Zellengewebe eindringende Chlorzinklauge geht zunächst mit dem nach den Dämpfen und Erhitzen noch übrig gebliebenen Pflanzensäften eine unter gewöhnlichen Verhältnissen unlösliche Verbindung ein und bildet Niederschläge. Das dadurch absorbirte metallische Salz wird durch nachdringende frische Lauge ersetzt, welche schliesslich die sämmtlichen Poren des Holzes, soweit ein Eindringen von aussen möglich ist, ausfüllt. Ausserdem ist nachgewiesen worden, dass bei der Imprägnirung sich ein Theil des metallischen Salzes zerlegt und das Metalloxyd mit der Holzfaser Verbindungen eingeht; in diesem Falle wird Säure frei; hieraus erklärt sich genugsam, dass man keine schwefelsauren Salze zur Imprägnirung anwenden darf, weil die frei werdende Schwefelsäure die Holzfaser unter allen Umständen langsam aber sicher zerstören muss.

Die für die Imprägnirung zu verwendenden Theeröle, in ihrer Gesammtheit gewöhnlich Kreosot genannt, besitzen in ganz bedeutendem Masse die

Fähigkeit, die Pflanzensäfte zum Gerinnen zu bringen und dadurch unlöslich zu machen, während die schweren fetten Oele die Zellengefässe des Holzes ausfüllen und dadurch einen energischen Schutz gewähren.

Die Wirkung des Oeles ist so eine doppelte, eine chemische und eine mechanische; in diesem Umstande liegt eben der Vortheil der Anwendung eines fetten Imprägnirungsmaterials gegenüber einer wässerigen Metallsalzlösung. Das zur Imprägnirung zu verwendende Steinkohlentheeröl ist in der Luft und in dem Wasser gleich unlöslich; es behält daher seine fäulnisswidrige Kraft und seine Beständigkeit in dem Schutze gegen alle äusseren zerstörenden Einwirkungen. Ein Stück Holz mit Kreosot imprägnirt, kann Wochen lang im Wasser liegen, ohne dass es sein Gewicht durch Aufnahme von Wasser verändert; durch diese Eigenschaft werden mit Kreosot imprägnirte Hölzer noch ganz besonders gegen Reissen geschützt. Abgesehen von einem das Reissen des Holzes begünstigenden Wuchs ist nur Holz, dessen Feuchtigkeitsgehalt wechselt, dem Reissen ausgesetzt; je rascher der Wechsel des Feuchtigkeitsgehalts stattfindet, desto häufiger wird das Holz reissen. Die Beseitigung dieses Uebels bei dem mit Kreosot imprägnirten Holze kommt vor allen andern den Eichen- und Buchenhölzern zu gut.

Wir wollen nicht ermangeln, auf die äusseren Kennzeichen, welche man als Massstab für die Imprägnirung hat, hinzuweisen.

Wir haben es hauptsächlich mit zwei Holzgattungen, dem Kiefern- und dem Eichenholze zu thun, während man bis jetzt einer dritten Holzgattung, dem Buchenholze, welches sich im imprägnirten Zustande zur Verwendung von Schwellen durchaus eignet, wenig Aufmerksamkeit geschenkt hat. Kiefernholz muss nach erfolgter Imprägnirung, je nachdem dieselbe mit Chlorzink oder Theeröl geschehen ist, pro Kubikfuss ein Gewicht von mindestens 50 resp. 45 Pfund haben. Ist das Holz vor der Imprägnirung trocken gewesen und hat ein Gewicht von etwa 32 Pfd. pro Kubikfuss gehabt, so muss die Aufnahme circa 18 Pfund bei Chlorzink und 13 Pfund bei Theeröl pro Kubikfuss betragen. Selbstverständlich ist die Aufnahme des Eichenholzes an Imprägnirungsflüssigkeit bedeutend geringer. Eichenholz nimmt durchschnittlich 8 Pfund Chlorzink und 6 Pfund Theeröl pro Kubikfuss auf. Das spezifisch schwere Buchenholz, welches beinahe das Gewicht des Eichenholzes erreicht, besitzt vermöge seines regelmässigen Zellenbaues eine bedeutende Aufnahmefähigkeit. Beim Buchenholze findet die markirte Trennung des jüngern Holzes (Splint) von der ältern Holzbildung (Kern) nicht statt, sondern besitzt dasselbe bis auf den ganz innersten Theil eine gleiche Dichtigkeit. Diese Eigenschaft kommt der Imprägnirung sehr zu statten, wesshalb Buchenholz sich durchaus für die Imprägnirung eignet. Die Neigung des Buchenholzes, in Trockenfäule überzugehen, kommt bei der Imprägnirung nicht in Betracht. Ebenso wenig ist das Reissen zu befürchten.

Betrachtet man das Vermögen der Imprägnirungsflüssigkeiten, in das Holz einzudringen, so ergibt sich, dass Theeröl nicht so tief wie Chlorzink in das Holz eindringt. Indessen ist der Schutz des Theeröls ein sehr gründlicher. Bei dem der Imprägnirung vorhergehenden Trocknen des Holzes bilden sich eine Menge kleiner Haarrisse, einer parallel neben dem andern liegend. In diese Risse saugt sich das Oel begierig ein, dringt in die Zellengefässe und füllt die erreichbaren Poren des Holzes aus. Nach erfolgter Imprägnirung sind die Trockenrisse sämmtlich geschlossen; deren Vorhandensein ist nicht mehr wahrzunehmen. Angenommen, dass sich später durch die Sonnenwärme die Risse wieder öffnen, so werden sich dieselben doch niemals so weit öffnen wie vor der Imprägnirung, weil die Temperatur der Sonnenwärme bei weitem nicht die künstliche Wärme des Trockenseins oder der überhitzten Luft erreichen kann. Dieser Umstand kommt besonders der Imprägnirung des Eichenholzes sehr zu statten.

Erfahrungsmässig beginnt die Fäulniss des Eichenholzes niemals von innen; selbst durch lokale Verletzungen angefaulte Stellen übertragen die Fäulniss nur schwierig auf das gesunde Holz; wohl aber beginnt bei Eichenholz die Fäulniss von aussen. Wenn man alte Eichenschwellen betrachtet, so findet man in der Regel noch einen gesunden Kern. Die Schwellen sind von aussen so zu sagen verwittert und meistentheils zerrissen. Es bleibt dahingestellt, ob die zerstörenden Risse entstanden sind zu einer Zeit als die Schwellen noch nicht von Fäulniss angegriffen

waren, in Folge einer besonderen Neigung zu reissen und das Reissen durch Feuchtigkeitswechsel befördert worden ist, oder ob die Risse sich bei erneuerter Nagelung zu der Zeit gebildet haben, als schon so viel äusseres Holz durch Fäulniss angegriffen war, dass die Widerstandsfähigkeit des gesunden Holzes nicht mehr ausreichte. Eins von beiden kann nur der Fall sein; gegen beide Uebelstände schützt die Imprägnirung des Eichenholzes mit Theerölen zuverlässig. Wenn das Eichenholz auch nicht bedeutend von dem Theeröl durchdrungen wird, so genügt die Imprägnirung doch vollständig, um alles Eindringen von Flüssigkeiten, also jeden Feuchtigkeitswechsel abzuhalten und allen von aussen wirkenden zerstörenden Einflüssen und demnach jeder Fäulniss zu begegnen.

Der gute Erfolg der Imprägnirung, der daraus entspringende Nutzen ist aber nur dann als gesichert anzusehen, wenn das Verfahren gewissenhaft und sachgemäss zur Ausführung gebracht wird. Der damit betraute Techniker muss durch gründliche Erfahrungen und genaue Beobachtungen mit dem Wesen der Imprägnirung in allen Theilen sich bekannt gemacht haben, den Charakter der verschiedenen Hölzer, den innern Bau derselben verstehen und die Behandlung, die äusserst wesentliche Vorbereitung des Holzes zur Imprägnirung auch nach der zufälligen Beschaffenheit: nach dem Grade der Trockenheit desselben, nach der Jahreszeit, in der es gefällt ist, nach seinem Alter u. s. w. richtig zu treffen wissen, wenn das Verfahren die Vortheile bringen soll, die man von ihm erwarten darf und muss.

Die Imprägnirung bewahrt das Holz vor Fäulniss, Verwesung, Vermoderung, Insektenfrass, Reissen, Sichwerfen u. s. w. und ist namentlich da nicht genug anzuempfehlen, wo das Holz der Witterung ausgesetzt ist; bald im Wasser, bald trocken steht.

Die grösste Verbreitung hat die Imprägnirung der Hölzer für Eisenbahn- und Telegraphenanlagen gefunden. Die Wichtigkeit derselben für die Eisenbahnen verdient besonders hervorgehoben zu werden:

Das Holz hat sich als die beste Schienenunterlage bewährt, indessen die schnelle Zerstörung, welcher die unimprägnirten Schwellen unterworfen sind, die jedesmal damit verbundene kostspielige Auswechslung derselben machen sie zu einem theuern Material. Die oftmalige Auswechslung ist ausserdem noch höchst nachtheilig und lästig durch die Störungen des Betriebes, welche sie mit sich bringt.

Die Imprägnirung beseitigt diese Uebelstände soweit es nur als möglich gedacht werden kann, indem durch sie die Dauer der Schwellen sowohl harten als weichen Holzes mehr als verdoppelt wird.

Die Kosten der Anschaffung sowie der Auswechslung der Schwellen — rechnen wir auch die Vergütung für die Imprägnirung hinzu — betragen jetzt nur noch etwa die Hälfte, die sehr schädlichen Störungen des Betriebes stellen sich weniger als halb so oft ein.

Die Ausstellungen also, die man früher gegen die Anwendung der Schwellen geltend machen konnte, sind durch die Imprägnirung gehoben, und bildet imprägnirtes Holz unbedingt die billigste und vorzüglichste, die von allen bis nun versuchten und vorgeschlagenen Konstruktionen den Anforderungen am besten entsprechende Schienenunterlage.

Am meisten haben sich um die Holz-Imprägnirung verdient gemacht: in England Herr John B e t h e l l, in Deutschland die Herren R ü t g e r s in Berlin, welche seit 18 Jahren sich mit der Ausführung aller Arten der Imprägnirung beschäftigt und solche in einigen 20 Anlagen und Fabriken in grossem Massstabe zur Ausführung gebracht haben. Neuerdings hat durch sie die Imprägnirung noch eine wichtige Erweiterung erhalten, die darin besteht, ausser weichen auch die harten Hölzer, z. B. Eichen in den stärksten Dimensionen so zuzubereiten, dass sie sogleich verarbeitet werden können, und nicht wie sonst Jahre, oft 10 und mehrere, zur Austrocknung bedürfen.

Das Holz leidet durch jenes Verfahren an seiner Textur keinen Schaden, die Bearbeitung wird nicht erschwert, es verliert nicht an Zähigkeit und Elastizität und wird ausserdem wasserdicht und unzerstörbar durch Fäulniss, Reissen, Insektenfrass u. s. w.

Eine sich selbst regulirende Schütze.

(Mit Zeichnungen nach Seite 488.)

Das hierneben dargestellte System einer sich selbst regulirenden Kanalschütze ist eine Erfindung des Ingenieurs Chaubert und wurde an den Schleusen von Bassanne und Gaule in dem Seitenkanal der Garonne zur Ausführung gebracht.

Die gegen die Senkrechte 10° nach abwärts geneigte Schütze *a* hat bei einem Drittel ihrer Höhe zwei gusseiserne Kurven *b*, die stromabwärts konvex sind und die Bewegung der Wippe veranlassen, indem jede auf einem eisernen Lineal *d* rollt. Das Lineal ist an dem Lager *h* mittels des Bolzens *f'* befestigt, um den es sich dreht, und seine Neigung wird durch die Schraube *e* modifizirt. Das Lager *h* trägt die Konsole *h'* des Lineals und liegt auf dem eisernen Querstück *c*, das in der Schleusenmauer eingelassen ist. Eine Vaucanson'sche Kette *ff*, die an dem Lager mit dem Bolzen *f''*, an dem Ende der Kurve durch den Bolzen *f* befestigt ist, verbindet die Schütze mit der Traverse *c* und zwingt die Kurve zum Rollen auf dem Lineal *d*.

Wenn das Wasser mit der Oberkante der Schütze gleich steht, so fällt das Zentrum des Wasserdruckes gegen die Platte (bei dem Drittel der Höhe) mit dem Anfang der Rotationskurve zusammen. Das Zentrum des Druckes aber hebt sich mit dem Niveau des Wasserspiegels im Kanal, wenn die Speisung zunimmt, und es veranlasst die Bewegung der Wippe; alsdann entweicht das Wasser ober und unter der Platte, welche sich nach Verhältniss des abströmenden Wassers mehr oder minder biegt. Knaggen verhindern die Schütze sich unter einem Winkel von 10° mit dem Horizont zu senken.

Erster Versuch. Schütze an der Schleuse von Gaule. — Eine erste Versuchsschütze von 1m21 Höhe und 2m0 Breite wurde in dem Kanal der Schleuse de la Gaule*) angebracht. Der auf Kosten des Herrn Chaubert angefertigte Apparat liess vieles zu wünschen übrig. So bog sich die Traverse, die zu schwach war, um das Gewicht des Wassers und der Schütze zu tragen, in der Mitte; die eisernen Konsolen *h'* zur Unterstützung der langen Lineale *d* hatten grosse Dimensionen und mussten durch Strebebänder *g* gestützt werden, die in die Schleusenmauern eingelassen wurden.

Die schmiedeisernen Lager waren mit der Traverse verbolzt und schwächten deren Festigkeit durch die Löcher, die zu diesem Zwecke angebracht waren. Trotz dieser Mängel arbeitete die Schütze der Schleuse von Gaule sofort auf eine sehr befriedigende Weise. Seit dem 22. Mai, dem Tage des ersten Versuches, hörte die Schütze nicht auf stillzustehen; die Haltung 42, welche von ihr regulirt wird, wurde fortwährend durch das blosse Spiel dieser Schütze auf ihrem legalen Stande erhalten und der Schleusenmeister war der beschwerlichen Mühen überhoben, denen die übrigen Schleusenmeister ausgesetzt sind, um den Abfluss der grossen Wassermengen zu sichern, welche fortwährend in den untern Theil des Kanales ablaufen. Die Veränderungen im Steigen und Fallen des Wasserspiegels der Haltung betrugen nicht mehr als 0m02 bis 0m03 über oder unter demselben.

In dem Protokolle vom 23. Mai wurde bestätigt, dass die Schütze der Schleuse von Gaule ihre schaukelnde Bewegung unter einem Wasserdruck von 0m01 über ihrer Oberkante begann, dass sie sich nach Massgabe, als die Speisung zunahm, langsam beugte, und dass sie allmählig zu ihrer primitiven Lage zurückkehrte, wenn das Wasser durch die Schützthüren der Schleuse und die Grundschützen des Schleusenkanals abgelassen wurde.

Wenn sich die selbstregulirende Schütze wieder aufrichtete, berührte sie den Anschlag ohne allen Stoss; nur etwas Wasser floss längs desselben hervor.

*) In unseren Zeichnungen ist nur die letzte Schütze, die von Bassanne (Fig. 1 und 2) dargestellt, genügt aber, um eine Idee von den beiden andern Schützen zu geben, welche sich nur durch die Dimensionen unterscheiden. Die Fig. 5 und 6 stellen das Detail der Kurve, des Lagers e. c. w. der ersten angebrachten Schütze bei der Schleuse von Gaule dar, die Fig. 3 und 4 geben das Lager und die modifizirten Nebentheile an, wie sie für die Schleuse von Bassanne bestimmt wurden.

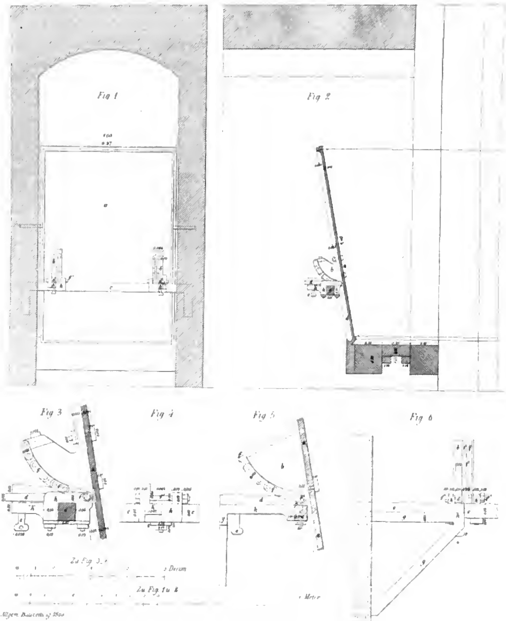


Fig 1
Fig 2
Fig 3
Fig 4
Fig 5
Fig 6
Zu Fig 3
Decim
Zu Fig 1 u 2
Meter

Die Schütze ergiesst ihr grösstes Wasservolum, wenn sie die Grenze ihrer Neigung gegen den Horizont, d. h. 10° erreicht hat.

Der kubische Inhalt des Wassers, welches alsdann über die Schütze fliesst, wird gegeben durch die Formel:

$$Q = 1{,}80\ l\ H \sqrt{H_1}$$

worin l die Breite der Schütze oder des Abflusses = 2m0, und H der Abstand der obern Kante von dem Wasserspiegel der Haltung = 0m524.

Das Wasservolum, das unter der Schütze fliesst, wird berechnet durch die Formel:

$$Q' = 2{,}75\ l\ H' \sqrt{H''},$$

l die Breite der Schütze oder des Durchlasses = 2m0, H' der Abstand zwischen der untern Kante der Schütze und der obern Kante des Anschlages = 0m416, endlich H'' der Abstand zwischen dem Wasserspiegel der Haltung und dem Schwerpunkt des Querschnittes, durch den das Wasser unter der Schütze fliesst, = 0m9421.

Führt man die Berechnungen aus, so erhält man:

Q = 1mc358

Q' = 1mc219

Kleine Totalsumme oder $Q + Q'$ = 3mc577

Durch die Untersuchung der Bewegung der Schütze de la Gaule bestätigte es sich: 1. dass die Schütze Chaubert sehr empfindlich ist; 2. dass ihre Bewegungen langsam und regelmässig, ohne Stösse waren; 3. dass sie durch ihr Spiel die Beständigkeit des Wasserspiegels der Haltung sicherte, selbst wenn die Speisung 3mc577 pro Sekunde erreichte.

Wir gehen zu den später angestellten Versuchen über.

Neuere Versuche. — Eine zweite sich selbst regulirende Schütze wurde in dem offenen Schleusenkanal der Schleuse du Noble (32) angebracht, eine dritte aber bei der Schleuse Bassanne (N. 50). Die Schleuse Noble ähnlich der der Schleuse de la Gaule, hat 1m21 Höhe bei 2m0 Breite; die von Bassanne hat 1m40 Höhe bei 1m0 Breite.

Es wurden Verbesserungen an dem Lager angebracht, und zwar nach der in Fig. 3 und 4 angegebenen Darstellung. Das Lager besteht aus einem einzigen gusseisernen Stück h, das genau an der Traverse c befestigt ist und durch eine Blechplatte s gehalten wird, die mit zwei Bolzen befestigt ist. Die Konsole k', welche das Lineal d trägt, wurde in der Art verkürzt, dass kein Strebeband mehr erforderlich ist, und der Theil des Lagers, durch die der Bolzen f geht, wurde verstärkt. Auf diese Art wurde dieser Bestandtheil mit seinem Zubehör zu einem zugleich festen, einfachen und sehr leicht auseinander zu nehmenden Körper gestaltet. Die die Schütze bildende gusseiserne Platte erhielt Rippen, wodurch ihr die unumgänglich nothwendige Steifigkeit ertheilt wurde; an den Punkten, wo die Kurven mit der Platte verbolzt sind, wurden Verstrebungen angebracht. Der Traverse endlich gab man die nothwendigen Dimensionen, damit sie sich unter dem von ihr zu tragenden Gewicht nicht biege.

Versuch mit der Schütze du Noble. — Dieser Versuch gab Veranlassung zu folgenden Bemerkungen:

Alle Bestandtheile des Systemes zeigten die vollständigste Widerstandsfähigkeit gegen die Wirkung des Wassers. Die Schütze begann ihre Thätigkeit als das Oberwasser 0m01 unter der Kante stand, indem man das Wasser durch die Schleuse und durch die Grundschützen des Ableitungskanals laufen liess; die selbstthätige Schütze erhob sich wieder, mit langsamen Bewegungen, ohne den Abfluss des Wassers indessen hermetisch zu schliessen. Es entwich längs des Anschlages eine Wasserlamelle von ungefähr 0m005 Stärke, welche Unannehmlichkeit durch das Anbringen eines Lederstreifens an den Anschlag nicht beseitigt werden konnte, da die Kurven einige Millimeter zu tief angebracht waren. Sie wurden etwas höher gelegt, ohne dass sich indess der Uebelstand gänzlich legte und nur etwas geringer wurde. Um das Entweichen des Wassers gänzlich zu verhindern, beschloss Herr Chaubert die Höhe der Anschlagschwelle, welche bis dahin 0m03 bis 0m05 betrug, auf 0m015 zu reduziren. Die Schütze der Schleuse du Noble arbeitet seitdem regelmässig und es wird das Oberwasser auf seinem normalen Stand erhalten. Der Schleusenmeister du Noble, der ein sehr besorgter Mann ist, wiederholt es fortwährend, dass er seit der Einrichtung der Schütze weder Tag noch Nacht sich mit der Speisung des Kanales, noch mit der Regulirung des Wassers in der oberen Haltung zu beschäftigen brauche.

Versuch der Schütze de la Bassanne. — Die Schütze begann ihre schwingende Bewegung unter einem Druck von $0^{m}01$ ober der Kante; sie setzte ihre Biegung fort, um das reichlich zuströmende Wasser abzuführen, und als man die vier Schützenöffnungen der Schleuse, und die zwei Schützen einer anstossenden Ableitung öffnete, um den Wasserspiegel der Haltung schnell niedriger zu legen, richtete sie sich anfänglich langsam in die Höhe, dann beschleunigte sich ihre Bewegung und legte sich endlich mit einem sehr merklichen Stoss gegen die Anschlagschwelle.

Chaubert schreibt diesen Stoss dem Umstande zu, dass er, um den hermetischen Schluss der Schütze zu sichern, dem letzten Element der Kurve, der Platte, eine etwas stärkere Krümmung gegeben hatte. Dieser Umstand in Verbindung mit einer plötzlichen Senkung des Wassers von $0^{m}06$ bis $0^{m}08$ durch die gleichzeitige Oeffnung einer grossen Anzahl von Schützen hatten in der Wirklichkeit den Stoss veranlasst. Man feilte desshalb die Kurve wieder ab und gab ihr ihre gleichmässige Krümmung. Bei den Versuchen am folgenden Tage ergab sich nicht mehr derselbe Stoss; übrigens sorgte man dafür, den Abfluss durch Schützen zu moderiren und sich auf diese Weise dem Vorgange zu nähern, welcher in der Wirklichkeit, während der Speisung eines Kanales, stattfindet, wo das Wasser nicht plötzlich in die Haltungen tritt, sondern allmählig. Indessen ist zu bemerken, dass der Stoss, obgleich er sehr schwach geworden war, nicht gänzlich verschwand; welcher Uebelstand in einem Detail des Systemes seinen Grund haben muss, dessen Ausführung eine wirklich mathematische Genauigkeit erfordert; dem System aber ist der Stoss nicht anhaftend, denn bei den Schützen von Nohle und Ganle erzeugt er sich nicht.

Wassermenge der Schütze du Noble und de la Bassanne. — Da die Schütze du Noble dieselben Dimensionen hat als die von Ganle, so ergiesst sie wie diese ein Maximum von $3^{mc}577$.

Bei der Schütze von Bassanne erhalten wir unter Annahme der obigen Daten:

$$l = 1^{m};\ H = 0^{m}6058;\ H' = 0^{m}5242;\ H'' = 1^{m}1108$$

$$\text{und}\quad Q = 0^{mc}85$$
$$Q' = 1^{mc}50$$
$$Q + Q' = 2^{mc}35.$$

Die grösste Abflussmenge ist $2^{mc}35$ pro Sekunde. Die Schütze steht also unter den beiden andern. Es ist aber zu bemerken, dass es, wenn die Speisung dieses Volum übersteigt, genügen wird, durch die Schützen der Schleuse und des Ableitungskanals eine Wassermenge ablaufen zu lassen, welche geringer ist, als der Totalabfluss. Die Schütze Chaubert wird den Ueberrest abführen, und da zwei Schützen von je $1^{m}0$ Breite bei $0^{m}50$ Höhe bei jeder Schleusenthüre vorhanden sind, so ist es leicht begreiflich, dass die reichhaltigste Speisung eines Kanals, im Nothfalle, mit Hilfe dieser Kombination geregelt wird.

Apparat zum Ausladen von Kohlen und anderen Lasten aus den unteren Schiffsräumen.

Von **Miller** in Paris.

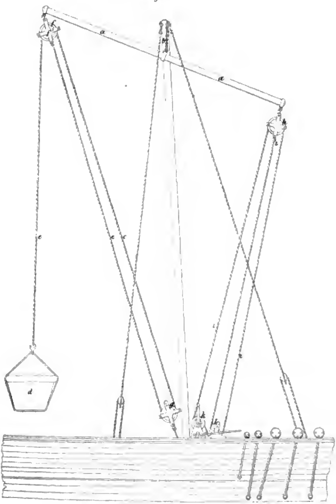
(Mit Zeichnungen nach Seite 490.)

Dieser Apparat besteht aus einer Stange oder einem Hebel, der seiner Länge nach von einem Ständer getragen wird, über dem er sich in jeder Richtung bewegt und beliebig verschoben werden kann. An den Enden des Hebels sind Seile oder Ketten befestigt, die über Rollen laufen, welche an den Enden oder nächst den untern Enden von des Ständers befestigt sind. Von dort gehen die Seile oder Ketten über andere Rollen, die ihre Befestigung an den Enden der Querstangen oder des Hebels haben, und von denen die eine an der zu hebenden Last, die andere an eine Winde befestigt sind, der mit einer Bremse versehen ist, um die Last nach Belieben anhalten zu können.

Die Zeichnung nach Seite 490 stellt die Seitenansicht eines solchen Hebeapparates für den Gebrauch eines Schiffes dar; es ist aber einleuchtend, dass der-

Apparat zum Ausladen der Schiffe

Fig 1.



selbe auch für jede andere Lokalität verwendet werden kann, wo man namentlich Kohlen u. dgl. Gegenstände aus- oder einzuladen hat; *a* ist die eiserne Querstange oder der Hebel, der an einer Kette *b* hängt; es kann auch bei diesem Hebel die Einrichtung getroffen werden, dass das eine von seinen Enden von dem Aufhängungspunkt entfernter ist als das andere; *c* ist der Ständer, an dessen Kopf der Hebel *a* angehängt ist; er wird auf die angegebene Weise von Seilen in seiner festen Stellung erhalten; *d* ist der Korb oder ein anderer Behälter zum Einschütten des betreffenden Materials; er hängt an einem Seile *e*, das über die Rolle läuft, die an dem einen Ende des Hebels *a* befestigt ist; von der Rolle *f* fällt das Seil *e* hinab zu der Rolle *g*, steigt dann wieder und wird an dem Rahmen der Rolle *f'* befestigt. Bei dieser Einrichtung bewegt sich der Korb *d* in einem viel grössern Raum als das Ende des Hebels *a*, sowohl bei dem Anfzuge als bei dem Niedergange des Hebels *a*. Die Kraft zum Heben der Kohlen etc. wird an dem andern Ende des Hebels *a* applicirt, wo eine Rolle *h* angebracht ist, an deren Rahmen ein Seil *i* seinen Sitz hat. Das Seil *i* geht von der Rolle *h* herab zu der Rolle *j*, steigt wieder über die Rolle *h*, geht abermals hinab und legt sich um die Winde *k*, die von der Hand oder auf jede Art mit Kurbeln in Bewegung gesetzt wird. Anstatt dieser Winde oder Trommel *k* kann man das Seil über eine Rolle gehen lassen, wo die Trommel angebracht ist, und das Ende des Seiles mit der Hand halten und anziehen; oder aber man kann mit der Hand das Seil anziehen, wenn es von der Stelle *h* heruntergeht.

Erfahrungen

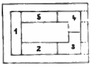
über die Zimmeröfen mit Luftkasten und senkrechten Rauchzügen nach der Konstruktion des Unterzeichneten *).

Durch die Ausführung der an vielen Orten Bayerns in Bureaux wie in Privatwohnungen befindlichen Oefen der genannten Konstruktion, welche selbst zur Heizung von Klassen- und Sitzungs-Sälen unter Einführung frischer Luft von Aussen verwendet wurden, ergaben sich folgende weitere Erfahrungen:

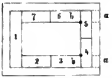
Bei grösseren hohen Oefen, insbesondere bei Bureauöfen, in welchen sehr stark eingefeuert wird, hebt sich durch die Ausdehnung des Luftkastens die auf seinem Borde liegende Decke des Ofens so stark, dass sich die Fugen etwas öffnen.

Es erscheint daher in solchen Fällen angedeutet, diesen Bord am Luftkasten wegzulassen, dagegen unmittelbar neben den Wänden des Luftkastens eiserne Schienen als Träger für die Ofendecke einzulegen, so zwar, dass sich die Wände des Luftkastens bei der

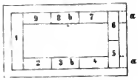
I



II



III



Ausdehnung an dem verbleibenden, eingesteckten Kästchen mit dem Bord über der Decke hinaufschieben können, ohne die Decke zu heben.

Aus ähnlichem Grunde wird bei grossen, stark geheizten Oefen es nothwendig, dem ersten Aufgange des Rauches vom obern Rande des Heizkastens weg ein grösseres Querprofil als den übrigen Ranchgängen zu geben, was nach obenstehenden Zeichnungen Fig. I, II und III leicht dadurch geschehen kann, dass er die ganze innere Breite des Ofens einnimmt,

*) Mitgetheilt in der „Allgemeinen Bauzeitung", Jahrgang 1865, Seite 125.

wodurch sich die übrige Eintheilung für die nöthige ungrade Zahl von Rauchzügen dahin regulirt, dass jedesmal eine Blechrippe auf die Mitte der entgegengesetzten Seite trifft.

Um möglichst wenige Putzthürchen zu erhalten, welche den Zusammenhang und die Rauchsicherheit der Kachelwände vermindern, werden die Blechrippen *b b*, bei welchen die Uebergangsöffnung oben ist, in den Zeichnungen Fig. II und III nicht an die Wand des Luftkastens mit Winkelblechen festgemacht, sondern an diese Wand kleine Schliessen und an die Blechrippe kleine Kloben befestigt, welche in Erstere eingehängt werden, damit diese Blechrippen und die senkrechte Achse an der Kastenwand beweglich bleiben.

Beim Reinigen der Rauchzüge lassen sich folglich diese Blechrippen auf die Seite schieben und können dann nach den Zeichnungen Fig. II und III von den zwei Putzthürchen *a a* aus sämmtliche Rauchzüge geputzt werden, da bei der Zeichnung Fig. II zwischen den Rauchzügen 2 und 3, dann 6 und 7 und ebenso bei der Zeichnung Fig. III zwischen den Rauchzügen 2 und 3, 4 und 5, 6 und 7, dann 8 und 9 die Uebergangsöffnung in der Blechrippe sich unten befindet.

Für die Grösse der nach obiger Konstruktion auszuführenden Oefen im Verhältnisse zu dem Kubikinhalt des zu heizenden Raumes hat sich als Resultat ergeben, dass bei ungünstigen Lokalverhältnissen ein Quadratfuss Eisenfläche der Wände des Luftkastens noch für dreihundert Kubikfuss zu heizenden Zimmerraumes genügt, sowie dass bei günstigen Verhältnissen bis auf vierhundert fünfzig Kubikfuss für einen Quadratfuss gegangen werden kann. Ist nun nach diesen Verhältnissen des zu heizenden Kubikraumes zur Luftkastenfläche und mit Rücksicht auf die Höhe und Breite der in Anwendung kommenden Kacheln die Höhe, dann die wagrechte Breite und Länge des Luftkastens berechnet, so ergibt sich die äussere Grösse des Ofens von selbst, indem sowohl zu jener Länge, als auch zu jener Breite des Luftkastens je ein Fuss für Rauchraum und Kacheldicke zugegeben wird.

Gegenüber der Mantelöfen gewähren diese Oefen den Vortheil, dass, während bei Ersteren der Mantel nur eine kalte Isolirungswand bildet, bei letzteren Oefen die Kachelwand ebenfalls erwärmt wird, daher das auf Herstellung derselben verwendete Kapital zur Vermehrung der Heizkraft des Ofens beiträgt, also in dieser Beziehung nicht todt bleibt.

München den 30. Oktober 1866.

Herrmann,
k. b. Oberbaurath.

Druckfehler-Verzeichniss.

Dem Wunsche des Herrn Ober-Ingenieurs H. Schmidt entsprechend, lassen wir hier nachstehendes Druckfehler-Verzeichniss für dessen Aufsatz: „Ueber die Bestimmung der äussern, auf ein Brückensystem wirkenden Kräfte," Jahrgang 1866, Seite 27—80 folgen:

Seite 27, Zeile 14 von oben lies „Lasten" anstatt „Kosten".
„ 28 „ 9 „ „ „ „Reibungswiderstände" anstatt „Steigungswiderstände."
„ 32 „ 1 von unten „ „aufliegenden" anstatt „legenden."
„ 34 „ 22 von oben „ „die Wiener Quadratklafter" anstatt „den Wiener Quadratfuss."
„ 39 „ 9 von unten „ „Verhalten" anstatt „Verfahren."
„ 43 „ 11 von oben „ „23 bis 36" anstatt „23 bis 26."
„ 73 ist die unterste Figur verkehrt gedruckt.

Zu Dacheindeckunge
Rinnen, Säumen und Ablauf
Verzinktes Eisenblech

BLEIROHR



Saug- und Druckpum
Brunnenständer.

zum sicheren Verse

NB. Die Anfertigung d

Durchmesser 7½‴, Höhe 7‴. | Durchme Höhe

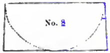


5 fl.



5 fl.

Durchm. 15‴, Höhe 7½‴. | Du





6 fl. 60 kr.

Durchmesser 22‴, Höhe 7‴.



11 fl. 80 kr.

Aufzugkästchen für
verzinkt, so dass die Fugstellen von
Die verzinkten Aufzugkästchen könne



per St. 15 kr.

Bleiröhren werden in den verschiedensten Durchmessern verzinnt o nach dem Gewichte: **pr. Wr. Ztr. á fl. 20 bis fl. 22 öst Währ. ber** Bleiröhren ist in der Praxis ein sehr verschiedener, entweder zu Gasleit leitungen, oder endlich auch als Sprachröhren zur bequemen und h verschiedenen Localen eines Etablissements. Je nach dem Zwecke sind dann s und demselben lichten innern Durchmesser in ihren äussern Durchmessern Wiener Klafter verschiedenes Gewicht.

Röhrendurchmesser		Gewicht einer Current.Klafter	
Innen in Wr. Linien	Aussen in Millimètres	Wr. Pfund	Loth
3	9	1	6
3	11	2	8
4	13	2	—
4½	13¼	2	8
5	15	2	24
6	17½	3	28
6	17½	4	8
6	18	5	—
6	20	7	—
7	20	5	8
7	20½	5	14
7½	20¼	4	24
7½	21½	6	—

Röhrendurchmesser	
Innen in Wr. Linien	Aussen Millimètr
8	22½
8	23
8	24
9	25
9	27
9	28
9	29
9	30
10½	28
12	31½
12	32
12	34
12	35

Bleibleche in den verschiedensten Dicken per Wiener Zentner nac rechnet: so zwar, dass Platten von 3‴ und darüber jetzt per °/₀ Pfund fl. 26 ten von 3‴ abwärts bis 1½‴ Dicke per °/₀ Pfund fl. 21, dünnere Platten per °/₀ Pfund kosten. Mit solchen Bleiblechen oder auch mit reinem hölzerne Bottiche oder eiserne Ständer werden auch geliefert.

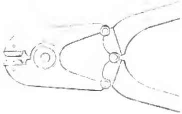
Bleikkessel und Bleiapparate werden nach Zeichnungen angefer billig gehalten.

Waaren-Plomben oder Bleisiegel, gegossene, 1000 Stück im (Wiener Gewicht à fl. 3.60 kr. österr. Währung.

Plombenzangen

zum Zusammendrücken der Bleisiegel oder Plomben, per Stück 14 fl.

Die gravirten Stempel zu der Zange werden auf Verlangen auch besorgt.



Blechflaschen für kleinere Petroleumquantitäten, die beim Strohkörbe eingesetzt werden, nach beistehendem Holzschnitt in verschieden Preisen.

NB. Es muss ausdrücklich hervorgehoben werden, dass solche aus Weissblech nicht so dauerhaft sind, und dass die We flaschen im Innern rosten und das Petroleum daher rothbraun während dieses in verzinkten Blechflaschen immer rein und kl

a) Flaschen auf 100 Wr. Pfund Inhalt, 26" hoch, circa 8½ bis 9 Pfund schwer, per Stück . . . . 4 .
b) Flaschen auf 50 Wr. Pfund Inhalt, 21" hoch, circa 6 Pfund schwer, per Stück 3
c) Flaschen auf 25 Wr. Pfund Inhalt, 18" hoch, circa 4 Pfund schwer, per Stück 2
d) Flaschen auf 10 Wiener Pfund Inhalt 1
e) Flaschen auf 5 Wiener Pfund Inhalt . . . . —

r unverzinnt geliefert, und
hnet. Der Gebrauch von
g a n oder zu W a s s e r-
hten Correspondanz in den
h die Bleiröhren bei einem
rschieden, und haben per

In der Bleiwasserfabrik von **G. Winiwarter** in **Gumpoldskirchen** sind die innern Röhrendurchmesser in Wiener Linien, und die äussern Durchmesser in Millimètres angegeben, so dass z. B. ein Bleirohr von 12 Linien innerm lichten Durchmesser aussen entweder 32 oder 31 Millimètres u. s. w. im Durchmesser misst, und nach den auf diese Art sich ergebenden verschiedenen Wanddicken per Wiener Currentklafter entweder 10 Pfund oder 13 Pfund 16 Loth wiegt.

Folgende Tabelle gibt die Dimensionen der verschiedenen Röhren und das Gewicht einer Wiener Klafter an:

Gewicht einer Current-Klafter	
Wr. Pfund	Loth
5	16
6	8
7	21
7	21
10	16
11	8
13	—
15	8
8	8
9	6
10	—
13	16
16	21

Röhrendurchmesser		**Gewicht** einer Current-Klafter	
Innen in Wr. Linien	Aussen in Millimètres	Wr. Pfund	Loth
12	36	18	8
12	37	19	8
12	39	21	—
12	40	22	14
14	38	13	—
14	40	17	—
11	43	26	—
15	40	15	—
15	41	17	—
15	42	19	16
15	43	23	—
15	44	25	—
18	46½	[illegible]	—

Röhrendurchmesser		**Gewicht** einer Current-Klafter	
Innen in Wr. Linien	Aussen in Millimètres	Wr. Pfund	Loth
18	48	22	8
18	49	26	—
18	50½	30	—
18	52	33	8
21	53	27	—
21	63½	33	30
21	61	38	—
21	66	44	8
21	67	57	20
27	70	45	16
30	79	54	—
36	92	70	16
48	119	90	—

er Dicke verschieden be-
terr. Währung, und Plat-
er fl. 22 österr. Währung
n u k l e c h ausgefütterte

und der Preis möglichst

ichte von 13 bis 14 Pfd.





ansport in Weiden- oder
rössen zu den billigsten

chen
loch-
rben,
leibt.



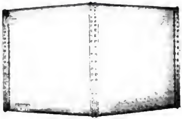
5 kr.

5 „

— „
5 „
0 „

Blechfässer oder Ständer aus verzinktem und verbleitem Eisenblech zum Transport und Aufbewahrung von Petroleum oder Brennöl.

Grössere derartige Ständer werden in verschiedenen Formen nach dem Gewichte berechnet; die Fabrik von **G. Winiwarter** versieht seit Jahren die verschiedenen österr. Eisenbahngesellschaften mit derartigen Ständern, und kann für die Dauerhaftigkeit und andauernde Dichtigkeit derselben die besten Zeugnisse aufweisen.



Für den Transport von Petroleum werden solche Fässer nach beistehender Zeichnung auf circa sehn Zoll-Centner Inhalt aus starkem, verzinkten und verbleiten Eisenblech mit Messingarmatur 4' 2" lang, 27" und 30" Durchmesser, zum Preise von 80 fl. ö. W. per Stück geliefert.

Aus schwachem verzinkten Eisenblech werden auch kleinere Blechgefässe gemacht.

Runde cylindrische Blechfässer auf 18" Dtr. mit einem Inhalt von 10 Mass, per Stück fl. 7.



Zu diesen Fässern sind eigene Ablasshähne à fl. 2 österr. Währung zu haben, welche aufgedreht werden können, während beim Transport die Löcher mit Muttern verschlossen sind.

G. Winiwarter

in Wien, Stadt, Riemergasse 16.

Druck von R. von Waldheim.